Muspratt's

Theoretische, praktische und analytische

Chemie,

in Anwendung auf Künste und Gewerbe.

Frei bearbeitet

von

Dr. F. Stohmann.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten aus dem Mezger'schen Atelier in Braunschweig.

Zweite

verbesserte und vermehrte Auflage.

Erster Band.

Aether — Cyan.

Braunschweig,

C. A. Schwetschke und Sohn.

(M. Bruhn.)

1865.

Encyklopädisches Handbuch

der

Technischen Chemie.

Von

Dr. F. Stohmann.

Erster Band.

Aether — Cyan.

Mit 407 Holzschnitten.

Auf Grundlage von Muspratt's Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe frei bearbeitet.

Braunschweig,

C. A. Schwetschke und Sohn.

(M. Bruhn.)

1865.

Inhalt des ersten Bandes.

Aether . . . . S. 1

Beziehungen der Aetherarten zu den Alkoholen. Aether. Geschichtliches. Darstellung. Eigenschaften. Prüfung. Spiritus aethereus, Hoffmanns-Tropfen. Zusammensetzung und Constitution. Theorie der Aetherbildung. Aetherschwefelsäure 23. Chloräthyl 25. Spiritus muriatico-aethereus 25. Jodäthyl 26. Salpetrigsäureäther 28. Spiritus nitrico-aethereus 30. Essigsäureäther, Essigäther 32. Buttersäureäther 35. Buttersäure 36. Butteräther 36. Pelargonsäureäther, Oenanthäther, Weinöl, Drusenöl 37. Benzoesäureäther 38. Essigsäureamyläther 38. Valeriansäureamyläther 39. Fruchtäther: Aepfel-, Birn-, Ananas-, Aprikosen-, Kirschen-, Erdbeeräther 41. *Stohmann.*

Alaun . . . . S. 41

Alaunarten. Alaun. Geschichtliches. Kalialaun. Eigenschaften. Zusammensetzung. Darstellung 54. I. Aus Materialien, welche sämmtliche zur Alaunbildung erforderlichen Bestandtheile enthalten. A) Natürlich vorkommender Kalialaun. B) Alaunfels und Alaunstein. C) Alaunschiefer. II. Darstellung aus Materialien, welche die Elemente zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde enthalten, aber eines Zusatzes von Kalisalzen erfordern. Alaunerze, Alaunerde. Federalaun, Federsalz, Haarsalz. A) Darstellung des Alauns aus Alaunerzen 67. 1) Bildung der schwefelsauren Thonerde durch Verwitterung oder Röstung der Erze. a) Verwitterung. b) Röstung. 2) Auslaugung der verwitterten oder gerösteten Erze. Producte der Laugung. a) Rohlauge. Vergleichung der Angaben der Aräometer von Beaumé und Twaddle mit dem specifischen Gewichte. b) Extrahirte Rückstände. c) Braunrother Eisenschlamm. Verarbeitung desselben auf Ocher. 3) Versieden der Rohlauge. 4) Darstellung von Alaunmehl in den Schüttelkästen. Präcipitationsmittel. a) Neutrales und saures schwefelsaures Kali. b) Chlorkalium oder Digestivsalz. c) Potasche. Alaunprobe. Producte der Alaunmehlbereitung. a) Alaunmehl. b) Mutterlauge. c) Waschwasser. 5) Umkrystallisiren des Rohalauns (Raffiniren, Wachsmachen). Producte der Raffination. a) Alaun, Wachs, Alaunkaufgut. b) Mutterlauge (Wachslauge). c) Waschwasser. d) Unlöslicher Rückstand. 6) Beispiele für die Darstellung des Alauns aus verwitterten Alaunerzen. a) Alaunwerk zu Schwemsal bei Düben. b) Alaunwerk zu Falkenau in Böhmen. c) Vitriolhof zu Goslar. d) Alaunwerk zu Salmünster im Moseldepartement. 7) Beispiele für die Darstellung des Alauns aus gerösteten oder gebrannten Alaunerzen oder Schwefelkies enthaltenden Schiefern. a) Alaunwerke zu Hurlet und Campsie bei Glasgow. b) Alaunwerk zu Whitby in Yorkshire. c) Alaunwerke bei Bonn. d) Alaunbereitung zu Altsattel. 8) Beispiele für die Darstellung von Alaun aus verwitterten und gerösteten Erzen. a) Alaunwerk Neu-Glück bei Bornstedt im Mansfeldschen. b) Goldene Adlerhütte zu Wirsberg in Baiern. B) Darstellung des Alauns aus Schwefelkies und Thon enthaltenden Stein- und Braunkohlen 109. III. Darstellung des Alauns aus Materialien, welche die Elemente zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde nicht enthalten und auch einen Zusatz von Kalisalzen erfordern 109. A) Zerlegung thonerdehaltiger Substanzen (Thon, Thonschiefer, Alaunschiefer) direct durch Schwefelsäure. B) Zerlegung thonerdehaltiger Substanzen durch schweflige Säure. C) Aufschließen thonerdehaltiger Substanzen (Feldspath, Kryolith) und Behandlung mit Schwefelsäure. 1) Alaunbereitung aus Feldspath. 2) Alaunbereitung aus Kryolith. D) Rösten thonerdehaltiger Substanzen (Thon, Alaunschiefer) mit Schwefelkies. Ammoniakalaun 123. Eigenschaften, Darstellung. Natronalaun 125. Eigenschaften. Darstellung. Schwefelsaure Thonerde 127. Eigenschaften. Darstellung 1) aus Thon. 2) aus Alaunerde. 3) aus Kryolith. 4) aus Alaun. Alaunproduction 131. Anwendung 132.

Alkohol . . . . S. 133

Einleitung. Bildung des Alkohols. Darstellung des reinen Alkohols. Eigenschaften. Zersetzungen. Branntweinbrennerei, Spiritusfabrikation 145. Rohstoffe. Alkoholgewinnung aus stärkemehlhaltigen Stoffen 147. Maischen. Umwandlung der Stärke in Zucker. Diastase. Malz. Prüfung des Malzes. Extractgehalt der Rohstoffe nach Balling. Gährung. Ferment, Hefe. Attenuationslehre. Tabelle zur Reduction der specifischen Gewichte auf Saccharometerprocente nach Balling. Anwendung der Attenuationslehre. Destillation. Berechnung der zur Destillation erforderlichen Wärmeeinheiten. Rectificator. Dephlegmator. Rectificirender Dephlegmator. Besteuerung der Spiritusfabrikation. A) Fabrikatsteuer: In Frankreich. In Würtemberg, Gesetz von 1827. In Großbritannien. In Oesterreich. B. Fabrikationssteuer: In Großbritannien, Gesetz von 1786. In Preußen, Blasenzins 1819. In Baden, Kesselgeld. In Preußen und dem Spiritussteuerverein, Maischbottichraumsteuer. In Holland, Belgien, Kurhessen. Neue Fabrikatsteuer in Oesterreich. Steuerfreie Abgabe des Spiritus für technische Zwecke, Denaturalisirung. Utensilien der Spiritusfabrikation 208. Mühlen. Quetschwerk für Grünmalz. Kartoffelwäsche. Dämpffässer und Kartoffelquetschen. Vorbrechwalzen. Maischapparate. Kühlapparate. Gährbottiche. Saftheber oder Montejus. Destillationsapparate: Blase mit Helm und Kühlrohr. Alkoholometerständer und verbesserter Ablauf nach Siemens. Blase von Sligo in Leith. Blase von Anthony Perrier. Blasen mit geheiztem Vorwärmer. Blase mit rectificirendem Vorwärmer. Dorn's Apparat. Adam's Eierapparat. Pistorius' Apparat. St. Marc's Apparat. Allègre's Apparat. Cellier-Blumenthal-Derosne's Apparat. Laugier's Apparat. Miller's Apparat. Coffey's Apparat. Schwarz's Apparat. Pistorius' Dampfapparat. Siemens' Großer Holzapparat. Siemens' Dephlegmator. Siemens' Kleiner Holzapparat. Hohenheimer Apparat. Controlapparate, Spiritusmeßapparate. Geistuhren. Rittinger's Apparat. Nöggerath's Apparat. Rectification 308. Französischer Colonnenapparat. Spiritusfabrikation

aus stärkemehlhaltigen Rohstoffen 313. 1) Getreidespiritus. Rohstoffe. Malz. Einmaischen. Abkühlen. Gährung. Kunsthefe. a) Grüne Malzhefe oder Grünmalzhefe. b) Kartoffelhefe mit grünem Malz. c) Schrothefe aus Gerstendarrmalz und ungemalztem Roggen. d) Schrothefe aus Gerstendarrmalz. e) Hülfshefe von grünem oder Darrmalz. Anstellung und Verlauf der Gährung. 2) Kartoffelspiritus. Prüfung der Kartoffeln. Nach Trommer und Krocker. Nach Stohmann. Nach Schwarz. Tabellen zur Bestimmung des Stärkegehalts der Kartoffeln nach ihrem specifischen Gewicht von Balling. Kochen und Dämpfen der Kartoffeln. Einmaischen. 3) Spiritus aus sonstigen stärkemehlhaltigen Rohstoffen. Spiritus aus Topinambur oder Erdbirnen. Anwendung der Schwefelsäure statt des Malzes beim Maischen. Spiritus aus Holz. II. Spiritusfabrikation aus zuckerhaltigen Rohstoffen 339. 1) Rübenspiritus. Dämpfen der Rüben und Gährung des Breies. Zerreiben der rohen Rüben und Gährung des Breies. Gährung des durch Auspressen oder Schleudern gewonnenen Safts. Gährung des durch Maceration gewonnenen Safts. Gewinnung des Safts durch Kochen mit Schwefelsäure. Gährung der Schnitte im Saft. 2) Möhrenspiritus. 3) Zuckerhirsenspiritus. 4) Obstbranntwein. 5) Spiritus aus Rübenzuckermelasse. Schlempekohle. 6) Krappspiritus. III. Spiritusfabrikation aus alkoholhaltigem Rohstoff 362. Außereuropäische Fabrikation von Spirituosen. Rum. Arrac. Alkoholometrie 370. Tafel I. Gewichtsprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Löwitz. T. II. Gewichtsprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Fownes. T. III. Gewichtsprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Drinkwater. T. IV. Volumprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Gay-Lussac. T. V. Volumprocente und Mischungsverhältnisse alkoholischer Flüssigkeiten nach Brix. T. VI. Vergleichung der Volumprocente mit den entsprechenden Gewichtsprocenten nach Tralles. T. VII. Reduction der scheinbaren Stärken alkoholischer Flüssigkeiten auf wahre Stärken nach Brix. Tafel VIII. Reichhaltigkeit alkoholischer Flüssigkeiten, deren wahre Stärke nach T. VII. bestimmt ist, nach Brix. T. IX. Reduction der scheinbaren auf die wahre Stärke und Ermittlung der Reichhaltigkeit alkoholischer Flüssigkeiten. Nach Gay-Lussac. T. X. Vergleichung der Angabe der Spiritusstärke over und under proof mit den entsprechenden specifischen Gewichten. Nach Ure. T. XI. Verdünnungstabelle. Nach Brix. T. XII. Contraction alkoholischer Flüssigkeiten beim Verdünnen mit Wasser. Nach Brix. T. XIII. Verdünnungstabelle. Nach Gay-Lussac. T. XIV. Reduction von Pfunden Spiritus auf Quart Spiritus nach ihrer wahren Stärke. Nach Brix. T. XV. Reduction von Pfunden Spiritus auf Quart absoluten Alkohol nach ihrer wahren Stärke. Nach Brix. Bestimmung des Alkoholgehalts in Flüssigkeiten, die außer Wasser und Alkohol noch andere Substanzen enthalten. Ebullioskope. Silbermann's Dilatometer. Geißler's Vaporimeter. *Stohmann.*

Aluminium . . . . S. 443

Geschichtliches. Vorkommen. Eigenschaften. Darstellung und Fabrikation 447. Oersted's Versuche. Wöhler's Methode von 1828. Wöhler's Methode von 1845. Deville's Methoden. Bunsen's Methode durch Elektrolyse. Deville's Methode durch Elektrolyse. Deville's Reduction durch Natrium. Rousseau und Morin's Methode. Gerhardt's Methode. Rose's Methode durch Reduction des Kryoliths. Deville's Methode durch Reduction des Kryoliths. Wöhler's Methode durch Reduction des Kryoliths. Bedeutung des Kryoliths in der Aluminiumfabrikation. Fabrikationsmethode zu Nanterne. Methoden von Petitjean, Johnson und Corbelli. Analysen von käuflichem Aluminium. Verarbeitung des Aluminiums 463. Legirungen 466. Aluminiumbronze. Verbindungen des Aluminiums 470. Aluminiumoxyd, Thonerde 471. Schwefelaluminium 477. Chloraluminium 477. Fluoraluminium 484. Schwefelsaure Thonerde 484. Essigsaure Thonerde 484. Kieselsaure Thonerde 488. Bildung der Thone. Analysen verschiedener Thonarten. Analysen verschiedener Feldspathe. Analysen verschiedener Kaoline. Analyse des Aluminiums und seiner Verbindungen 499. Bestimmung der Thonerde in Thonerde-Salzen. Trennung der Thonerde vom Eisenoxyd. Trennung der Thonerde von Eisenoxyd und Phosphorsäure. Analyse eines unlöslichen Silicats. Rationelle Analyse von Thon und Kaolin. Analyse des käuflichen Aluminiums und seiner Legirungen nach Deville. *Stohmann.*

Ammoniak . . . . S. 507

Vorkommen. Bildung. Eigenschaften. Gehalt des wäßrigen Ammoniaks nach Ure, Otto, Griffin und Carius. Darstellung. Constitution der Ammoniaksalze 524. Chlorammonium, Salmiak 527. Schwefelsaures Ammoniak 549. Kohlensaures Ammoniak 552. Essigsaures Ammoniak 558. Bestimmung des Ammoniaks 559. Als Salmiak oder Platinsalmiak. Durch Destillation. Alkalimetrisch. Azotometrisch, nach Knop. Stickstoffbestimmung in organischen Substanzen. *Stohmann.*

Antimon . . . . S. 579

Geschichtliches. Eigenschaften des Antimons. Vorkommen. Grauspießglanz, Antimonglanz. Antimonblüthe, Weißspießglanzerz, Weißantimonerz. Rothspießglanzerz, Antimonblende. Sonstige Antimonerze. Probiren der Antimonerze. Metallurgische Behandlung der Antimonerze 588. A) Darstellung des Antimonium crudum durch Aussaigern des Schwefelantimons. 1) Saigern in Töpfen bei freiem Feuer. 2) Saigern in Töpfen oder Röhren in Flammöfen. a) Oefen mit unterbrochenem Betriebe. b) Oefen mit continuirlichem Betriebe. 3) Saigern direct auf dem Heerde eines Flammofens. Eigenschaften des Antimonium crudum. B) Darstellung von metallischem Antimon, Regulus Antimonii. 1) Darstellung von metallischem Antimon aus Antimonium crudum. a) Zerlegung des Antimonium crudum durch combinirte Oxydations- und Reductionsprocesse. b) Zerlegung des Antimonium crudum durch Präcipitationsmittel. 2) Darstellung von metallischem Antimon aus rohen Erzen. a) Verfahren zu Septemes und Bouc. α) Flammofenbetrieb. β) Schachtofenbetrieb. b) Tiegelschmelzen in London. C) Raffination des Regulus Antimonii. Prüfung des Antimons auf Verunreinigungen. *Kerl.*

Antimonlegirungen 605. Verbindungen 606. Zusammenstellung der officinellen Antimonpräparate. Antimonoxyd 607. Antimonoxydsalze. Verhalten gegen Reagentien. Antimonglas, Vitrum Antimonii. Antimonsäure 610. Materia perlata Kerkringii, Magisterium Antimonii diaphoretici. Verbindungen. Fremy's Antimonsäuren. Antimonsaures Kali. Antimonium diaphoreticum und Stibium oxydatum album. Antimonsaures Antimonoxyd. Antimonasche, Cinis Antimonii. Erkennung der verschiedenen Oxydationsstufen des Antimons. Antimonwasserstoff 615. Dreifach-Chlorantimon 615. Butyrum Antimonii. Liquor Stibii muriatici. Algarothpulver. Fünffach-Chlorantimon 618. Dreifach-Schwefelantimon 620. Kermes minerale. Antimonzinnober. Spießglanzleber, Hepar Antimonii. Spießglanzsafran. Fünffach-Schwefelantimon, Goldschwefel 630. Schlippe'sches Salz. Schwefelsalze des Antimons. Kalkantimonleber, Calcaria sulfurato-stibiata. Bestimmung und Trennung des Antimons 634. *Stohmann.*

Arsenik . . . . S. 643

Geschichtliches. Vorkommen. Gediegen Arsen, Scherbenkobalt, Fliegenstein. Arsenkies, Mispickel, Giftkies.

Arsenikalkies. Sonstige arsenführende Erze. Darstellung der Arsenikalien 647. I. Darstellung des metallischen Arsens. Eigenschaften des metallischen Arsens. Verwendungen. Docimastische Proben. Darstellung im Großen. 1) aus Scherbenkobalt. 2) aus Arsenkies und Arsenikalkies. 3) aus arseniger Säure. II. Darstellung von arseniger Säure. Eigenschaften. Verwendungen. Darstellung im Großen. A) Röstung der Erze und Condensation der arsenigen Säure. 1) Röstung in Muffelöfen. 2) Röstöfen mit directer Feuerung. 3) Röstöfen mit Gasfeuerung. B) Raffination des Arsenikmehls. III. Darstellung von farbigen Arsengläsern. A) Realgar, Sandarach, Arsenrubin. B) Rauschgelb, Auripigment, Arsenglas. IV. Darstellung von arsensaurem Natron. *Kerl.*

Verbindungen des Arsens 668. Arsensäure 669. Nachweisung und Bestimmung des Arsens 672. *Stohmann.*

Asphalt . . . . S. 677

Vorkommen der Erdharze. Zusammensetzung. Darstellung des Asphaltkitts. Künstlicher Asphalt. Steinöl, Petroleum 695. *Stohmann.*

Baryt . . . . S. 703

Geschichtliches. Vorkommen. Baryum. Darstellung und Eigenschaften. Darstellung der Legirungen. Baryumoxyd, Baryt, Aetzbaryt 707. Barythydrat. Baryumsuperoxyd. Barytsalze 710. Eigenschaften derselben. Chlorbaryum 711. Schwefelsaurer Baryt. Schwerspath 715. Permanentweiß, Blanc fix. Kohlensaurer Baryt 718. Salpetersaurer Baryt 719. Chromsaurer Baryt, gelber Ultramarin, Barytgelb 720. Essigsaurer Baryt 720. Quantitative Bestimmung des Baryts 720. *Stohmann.*

Bier . . . . S. 721

Geschichtliches. Materialien zum Bierbrauen 725. Getreide. Bestandtheile desselben. Eigenschaften guter Gerste. Hopfen. Bestandtheile desselben. Eigenschaften und Erkennungsmerkmale des guten Hopfens. Schwefeln. Hohenheimer Hopfendarre. Conservirung des Hopfens. Ferment. Wasser. Eigenschaften. Entfernung fremder Bestandtheile desselben. Filter. Eigenschaften eines brauchbaren Wassers. Bereitung des Malzes. Zweck des Mälzens. Einquellen oder Weichen des Getreides. Der Quellbottich, Quellstock, Weiche. Gewichts- und Volumveränderung der Gerste beim Quellen. Wachsen oder Keimen. Einrichtung der Wachstenne oder des Malzkellers. Behandlung des Malzes auf der Tenne. Zeichen der hinreichenden Keimung. Gewichtsverlust während des Keimens. Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des rohen und gekeimten Getreides. Unterbrechung des Keimens. Schwelke, Schwelchboden. Darren oder Dörren des Malzes. Zweck des Darrens. Die Darrfläche. Die Feuerung. Rauchdarren. Luft- oder englische Darren. Dampfdarren. Brennmaterialbedarf beim Darren. Behandlung des Malzes auf der Darre. Eigenschaften des gut gedarrten Malzes. Trennung des Malzes von den Keimen. Aufbewahrung des Malzes. Gewichts- und Volumveränderung der Gerste beim Mälzen. Der eigentliche Brauproceß 763. Zerkleinern oder Schroten des Malzes. Rheinische Schrotmühle. Belgische Malzquetsche. Einsprengen des Malzes. Volumveränderung des Malzes beim Einsprengen und Schroten. Einteigen und Einmaischen des Schrots. Zweck desselben. Ausführung. Infusions- und Decoctionsmethode. Braugeräthschaften. Die Pfanne. Brennmaterial. Hohenheimer Pfanne für combinirte Torf- und Holzfeuerung. Münchener Pfannen mit Vorfeuerung. Maischbottich. Seihböden. Grant oder Würzstock. Maischvorrichtung der Denninger'schen Brauerei. Maischmaschine von Heß. Maischmaschine von Schwalbe und Sohn. Neuere englische Maischmaschine. Maischpumpe. Schottisches Drehkreuz. Braumethoden 787. Englische oder Infusionsmethode. Koch- oder baierische Maischmethode. Altbaierische oder Münchener Braumethode. Augsburger Methode oder Brauen auf Satz. Fränkische Methode. Verschiedenheiten und Eigenthümlichkeiten der baierischen Braumethoden. Maischen in der Pfanne. Böhmische Methode. Extractausbeute und Gehalt der Würzen. Hohenheimer Methode zur Gewinnung verschiedener Biere im selben Gebräu. Begründung derselben. Anwendung und Construction der neuen englischen Maischmaschine. Rührvorrichtung. Gewinnung der Würze bei stärkemehlhaltigen Zusätzen 803. Kartoffelwürze. Hohenheimer Verfahren. Kochen und Hopfen der Würze. Zweck desselben. Geräthschaften. Englischer oder belgischer Kessel. Verfahren beim Kochen. Hopfenbedarf der Würzen. Methode des Hopfenzusatzes. Wirkung des Hopfens. Kalkzusatz in Belgien. Abkühlung der Würze. Veränderungen der Würze in der Wärme. Kühlschiffe. Behandlung der eisernen Kühlschiffe. Größe der eisernen Kühlfläche. Hopfenseiher. Hopfenpresse. Aufstellung der Kühlschiffe. Künstliche Kühlvorrichtungen. Eiskühlung. Anwendung des Eises. Wasserverdunstung und Zunahme des Extractgehalts während des Kühlens. Gährung der Würze. Zweck derselben. Einfluß der Temperatur und des Ferments auf die Gährung. Ober- und Unterhefe, Ober- und Untergährung. Anwendung der Untergährung. Anwendung der Obergährung. Verschiedene Stadien der Gährung. Wilde Gährung, Nachgährung, stille Gährung. Behandlung der Würze bei der Untergährung in Baiern. Gährbottich. Temperatur des Gährungslocals. Anstellen der Würze. Fermentbedarf der Würze. Erscheinungen während der Hauptgährung. Fassen oder Abzapfen des Jungbieres 823. Verwendung und Ausbeute an gewonnener Hefe. Nachgährung. Auspichen der Lagerfässer. Lagerkeller 825. Einrichtung der Lagerkeller. Behandlung des Bieres während der Nachgährung. Spinden der Fässer. Abziehen des gespindeten Bieres. Selbstgährung der belgischen Biere 828. Behandlung der Würze bei der Obergährung 829. Temperatur des Gährungslocals. Fermentbedarf und Anstellen der Würze. Erscheinungen der Obergährung. Obergährungsmethoden nach böhmischer, norddeutscher und englischer Methode. Einfluß der Gleichmäßigkeit der Temperatur. Obergährung bei rasch zu consumirenden Bieren. Malzsurrogate, Bierstein, Getreidestein 834. Bereitung verschiedener Bierarten 835. Ale, starkes zur Ausfuhr und Tafelbier. Gewöhnliches Ale. Porter. Baierisches Lagerbier. Berliner Weißbier. Anlage einer Bierbrauerei 839. Capitalbedarf. Auswahl der Lage. Wasserbedarf. Zweckmäßige Lage und Construction der Gebäude. Aufbewahrung des Eises über der Erde 849. *C. Siemens.*

Blei . . . . S. 853

Geschichtliches. Eigenschaften. Bleierze 856. Bleisorten des Handels. Bleiglanz. Bleischweif. Mulmiger Bleiglanz. Bleispath, Weißbleierz. Schwarzbleierz. Gewinnung der Erze. Probiren der Erze. A) Für geschwefelte Bleiverbindungen. 1) Bei Anwesenheit von wenig oder keinen fremden Schwefelungen. 2) Bei Anwesenheit von viel fremden Schwefelungen. 3) Bei Anwesenheit von viel erdigen Bestandtheilen. B) Für oxydirte Bleierze und Hüttenproducte. Bleigewinnungsmethoden 873. A) Für reinen Bleiglanz. B) Für mit mehr oder weniger Erden gemengten Bleiglanz. C) Für mit Erden und fremden Schwefelungen gemengten Bleiglanz. D) Für oxydirte Bleierze. Bleihüttenproducte 876. A) Silberarmes Blei. B) Silberhaltiges Blei, Werkblei. I. Producte des Pattinson'schen Krystallisationsprocesses. a) Pattinsonirtes, raffi-

nirtes, doppelt raffinirtes Blei. b) Frischblei. c) Krätzblei. d) Krätzfrischschlacken. e) Abstrich der Reichwerke. II. Producte vom Abtreiben des Silbers. 1) Blicksilber. 2) Bleiglätte. Producte vom Frischen der Glätte. a) Frischblei. b) Glättfrischschlacken. 3) Abstrich. Producte vom Frischen des Abstrichs. a) Hartblei, Abstrichblei, Antimonblei. b) Stein. c) Abstrichfrischschlacken. 4) Abzug. 5) Heerd. 6) Treibofenrauch. C) Bleisteine. Bleileche 886. Bleisteinschlacken. D) Bleispeisen 890. E) Bleierz- oder Bleischliechschlacken 890. 1) Schlacken vom Flammofenbetriebe. 2) Schlacken vom Heerdofenbetriebe. 3) Schlacken vom Schachtofenbetriebe. F) Ofenbrüche 894. G) Bleirauch, Flugstaub, Fluggestübbe, Hüttennicht 895. Vorkehrungen zur Condensation der schwefligen Säure. Vorkehrungen zur Condensation anderer dampfförmiger Substanzen. Vorkehrungen zur Condensation des Flugstaubes. H) Geschur und Gekrätz 899. Hüttenprocesse zur Gewinnung des Bleies 899. A) Bei reinem Bleiglanz 899. Röstsaiger-Arbeit. Verschiedene Construction der Oefen. Theorie der Processe. Verhalten und Einfluß verschiedener Beimengungen. Modificationen der Processe durch Anwesenheit von mehr oder weniger Kieselsäure 902. I. Reiner Bleiglanz giebt gleich großentheils metallisches Blei. Beispiel: 1) Bleiberg und Raibl in Kärnthen. 2) Arbeit im nordamerikanischen Bleiheerd (Rosieofen). II. Kalkiger Bleiglanz giebt neben Blei Unterschwefelblei und Bleioxysulfuret, aus welchem metallisches Blei aussaigert. Beispiel: 1) Englischer Röstsaigerproceß in Flammöfen (Flintshire). Modificationen desselben zu Bleiberg bei Aachen, Corphalie und Prayon, Belgien. Tarnowitz in Schlesien. 2) Bleiarbeit in schottischen Heerden. Cumberland, Northumberland, Durham. III. Kiesiger und etwas kieseliger Bleiglanz giebt neben Blei Bleioxyd, welches durch Kohle reducirt wird. Beispiel: Poullaouen. Vergleichung der Resultate der verschiedenen Flammofenprocesse 918. B) Gewinnung von Blei und Bleiglanz, welcher Erden, namentlich Kieselerde, aber wenig oder keine fremden Schwefelungen enthält 919. Vergleichung des Schacht- und Flammofenbetriebs. Construction der Schachtöfen. Dimensionen verschiedener Schachtöfen. Arbeiten beim Schachtofenschmelzen. Niederschlagsarbeit. Theorie des Processes. Einfluß fremder Beimengungen. Beispiele für die Niederschlagsarbeit. 1) Oberharzer Niederschlagsarbeit. 2) Zu Tarnowitz. 3) Zu Victor-Friedrichs-Hütte in Anhalt. 4) Französische Niederschlagsarbeit in Flammöfen. C) Gewinnung von Blei und Bleiglanz, welcher neben erdigen Bestandtheilen viele fremde Schwefelungen enthält 939. Röstreductionsarbeit. Theorie. Vergleichung der Niederschlagsarbeit mit der Röstreductionsarbeit zu Corphalie. Rösten der Erze. Im Flammofen. In Stadeln. In freien Haufen. Chemische Vorgänge beim Rösten. Einfluß und Verhalten der fremden Beimengungen. Reducirendes und solvirendes Schmelzen. Beispiele für die Röstreductionsarbeit in Schachtöfen. 1) Zur Okerhütte, Herzog Juliushütte und Frau Sophienhütte am Communionunterharz bei Goslar. 2) In Freiberg. 3) Zu Przibram in Böhmen. 4) Zu Bleiberg bei Aachen. 5) Zu Biache St. Vaast. D) Gewinnung von Blei aus oxydirten Bleierzen und Hüttenproducten 964. I. Aus Weißbleierz und Bleivitriol. II. Aus Glätte. III. Aus Abstrich, Abzug, Heerd und Schlacken. *Kerl.*

Legirungen des Bleies 970. Schrotfabrikation. Verbindungen 972. Bleioxyde 972. Bleisuboxyd. Bleioxyd. Verhalten zu Reagentien. Bleisesquioxyd. Bleisuperoxyd. Mennige. Schwefelblei 977. Chlorblei 977. Einfach-Bleioxyd-Chlorblei, Pattinson's Bleiweiß. Siebenfach-Bleioxyd-Chlorblei, Casseler-Gelb. Jodblei 979. Bromblei 980. Kohlensaures Bleioxyd, Bleiweiß 980. Holländisches Fabrikationsverfahren 981. Französisches Verfahren oder Methode von Clichy 988. Englische Methoden 989. Nach Benson und Gossage, Button und Dyer, Torassa, Pallu und Delaunay, Walker Wood und M'Cannel, Grüneberg, Pattinson, Tourmentin, Richardson, Disbrow Rodgers, Chenot. Analysen verschiedener Sorten Bleiweiß. Untersuchungsmethode des Bleiweiß 995. Salpetersaures Bleioxyd 997. Phosphorsaures Bleioxyd, Grünbleierz, Pyromorphit 998. Schwefelsaures Bleioxyd 999. Vanadinsaures Bleioxyd, Dechenit, Vanadit 1000. Molybdänsaures Bleioxyd, Gelbbleierz 1000. Antimonsaures Bleioxyd, Neapelgelb 1001. Chromsaures Bleioxyd 1001. Chromgelb. Chromroth. Grüner Zinnober. Fabrikation der Chromfarben nach Habich. Essigsaures Bleioxyd, Bleizucker 1008. Brauner Bleizucker. Weißer Bleizucker. Bestimmung des Bleies 1012. *Stohmann.*

Bleichen . . . . S. 1019

Zweck des Bleichens. Geschichtliches. Rasenbleiche. Erklärungen des Bleichprocesses. Ozon. Chlor, Bleichflüssigkeiten, Eau de Javelle. A) Bleichen der Baumwolle 1022. Arten der Baumwolle. Die durch das Bleichen von der Faser zu entfernenden Stoffe. Die verschiedenen Operationen 1026. 1) Zeichnen und Heften. 2) Sengen. 3) Feuchten und Waschen. Waschmaschinen. 4) Bäuchen. Bäuchkessel. 5) Säuren. 6) Bäuchen in Aetzlauge. 7) Waschen. Die Bleichflüssigkeit. 8) Bleichbad. 9) Säurebad. 10) Waschen. 11) Laugenbad. 12) Säurebad. 13) Letztes Waschen. Entwässern durch Centrifugalmaschinen. Entwässern durch Preßwalzen. Appretur. Trocknen. Kalandern. Anfertigung nicht verbrennlicher Gewebe 1061. Beispiele für die Ausführung des Bleichprocesses 1063. Nach Grean. Amerikanische Methode. Nach Tribeltorn und Bolley. Nach Claußen. Nach Barlow. B) Leinen 1068. Die Flachspflanze und deren Bestandtheile. Gewinnung der Faser aus dem Rohflachs 1069. Die Rotte oder das Rösten 1069. Wasserrotte. Thaurotte. Gemischte Rotte. Künstliche Rotte. Nach Schenk. Nach Terwangne. Nach Burton und Pye. Nach Watt. Nach Buchanan. Bleichen der leinenen Gewebe 1080. Beispiele für die Ausführung des Bleichprocesses. Irische Methoden mit Rasenbleiche. Irische Methode ohne Rasenbleiche. Alte Bielefelder Methode mit Rasenbleiche, ohne Chlorkalk. Warendorfer Schnellbleiche. Claußen's Methode. Sonstige Gespinnstfasern 1083. C) Wolle 1085. Bestandtheile der Wolle. Entschweißen mit Harn. Entschweißen mit Soda und Seife. Entschweißen nach Claußen. Bleichen, Schwefeln 1088. Schwefeln in Kammern. Schwefeln mit flüssiger Säure. Darstellung der schwefligen Säure. Beispiele für die Ausführung des Bleichprocesses. D) Seide 1091. Die Seidenraupe. Bleichen der Seide 1092. Einfluß des kalkhaltigen Wassers auf die Seide. Claußen's Bleichproceß. Appretur der Seidenstoffe. Erkennung der Gespinnstfasern in gemischten Geweben 1093. E) Bleichen des Strohes 1095. Literaturnachweis. *Stohmann.*

Bor . . . . S. 1099

Geschichtliches. Darstellung. Amorphes Bor. Krystallisirtes Bor. Graphitartiges Bor. Eigenschaften. Borsäure 1104. Vorkommen. Boronatrocalcit. Boracit. Staßfurtit. Datolith. Tincal. Darstellung 1106. Eigenschaften. Gewinnung der Borsäure in Toscana 1108. Zusammensetzung der rohen käuflichen Borsäure. Borsaures Natron, zweifach. Borax 1114. Zusammensetzung und Eigenschaften. Darstellung. Raffiniren des natürlich vorkommenden. Darstellung aus Borsäure 1116. Reinigung des rohen Borax. Darstellung des oktaedrischen Borax. Darstellung aus Boronatrocalcit. Prüfung des Borax 1120. Erkennung und Bestimmung der Borsäure. *Stohmann.*

Brom . . . . S. 1123

Geschichtliches. Vorkommen. Darstellung. Eigenschaften. Erkennung und Bestimmung. *Stohmann.*

Brot . . . . S. 1129

Geschichtliches. Getreidearten 1131. Weizen 1131. A) Gemeiner Weizen. I. Grannenweizen. II. Kolbenweizen. III. Igelweizen. IV. Bingel- oder Bickelweizen. B) Englischer Weizen. C) Glasweizen. D) Polnischer Weizen. Spelt, Spelz, Dinkel. I. Echter Spelt. II. Emmer, Amelkorn. III. Einkorn. Anatomischer Bau des Weizenkorns 1142. Chemische Bestandtheile des Weizenmehls 1143. Kleber. Pflanzenfibrin. Pflanzenleim. Pflanzencasein. Pflanzenalbumin. Zucker und Gummi. Stärkemehl. Analysen von Weizenmehl. Weizenkleie 1150. Chemische Bestandtheile der Kleie. Holzfaser, Cellulose. Cerealin. Werth der Kleie als Nahrungsmittel. Analysen von Weizenkleie. Analysen von Weizenkörnern. Aschenanalysen von Weizenkörnern. Roggen 1163. Botanische Charakteristik der Roggenblüthe und Aehre. Roggenarten. Roggenmehl 1165. Analysen von Roggenmehl und Kleie. Analysen von Roggenkörnern. Aschenanalysen von Roggenkörnern. Gerste 1169. Botanische Charakteristik der Gerstenblüthe und Aehre. Gerstenarten. Analysen von Gerstenmehl und Gerstenkleie. Analysen von Gerstenkörnern. Aschenanalysen von Gerstenkörnern und Gerstenmehl. Hafer 1177. Haferarten. Analysen von Hafermehl. Analysen von Haferkörnern. Nachweis der Literatur über neuere Untersuchungen von Getreidekörnern 1182. Bereitung des Mehles 1183. Gewöhnliche deutsche Mühle. Mühlsteine. Verbesserte Mühle mit schwingender Haue. Fairbairn'sche Mühle nach Rühlmann. Beutelwerke. Amerikanische Mühle nach Cartier und Armengaud. Bereitung des Brotes 1203. Gährung des Teiges. Veränderung des Teiges beim Backen. Bildung der Kruste. Veränderungen des Brotes beim Altwerden. Versuche Boussingault's. Verschiedene Backmethoden 1208. Wiener Methode von Frank. Methode für Roggenbrot nach Prechtl. Englische Methode der Londoner Bäcker. Methoden der Pariser Bäcker. Verbesserte Methoden nach Mège-Mouriès. Maschinen zur Trennung der Kleie nach Mège-Mouriès. Anwendung von Alaun und Kupfervitriol bei verdorbenem Mehle. Liebig's Methode mit Anwendung von Kalkwasser. Lehmann's Verfahren bei Mehl aus ausgewachsenem Getreide. Knobloch's Methode mit Anwendung von Weizenkleber. Surrogate des Mehles 1220. Liebig's Aeußerungen über die Surrogate. Ungegohrenes Brot 1222. Methoden, die auf der Anwendung von doppelt kohlensaurem Natron und Säuren beruhen. Methoden von Dauglish auf der Anwendung von comprimirter Kohlensäure beruhend. Berechnung des bei der Brotbereitung eintretenden Substanzverlustes. Knetmaschinen 1230. Nach Lambert (Lambertine). Nach Clayton. Nach Rolland. Nach Marévery. Nach Boland. Nach Disdier. Nach Wansleben. Nach Newton. Backöfen 1243. Geschichtliches. Gewöhnlicher verbesserter Backofen mit Heizung im Backraume. Englischer Steinkohlenofen mit Feuertopf. Steinkohlenofen von Wansleben, mit seitlicher innerer Feuerung. Schinz's Backofen mit innerer Gasfeuerung. Ofen der hannoverschen Militärbäckerei mit äußerer Feuerung. Ofen von Corville mit äußerer Feuerung. Doppelofen mit äußerer Feuerung von Essen. Doppelofen mit äußerer Feuerung von Silbermann. Ofen mit beweglicher Sohle von Rolland. Ofen mit beweglicher Sohle von Slater zum Backen von Schiffszwieback. Ofen von Jamelet und Lemare mit Heizung durch erhitzte Luft. Grundriß des Backhauses von Mouchot. Ofen von Perkins mit Heizung durch überhitztes Wasser. Zusammensetzung des Brotes 1276. Begriff von Kruste und Krume. Nahrungswerth des Brotes bedingt durch die Beschaffenheit und Verdaulichkeit. Untersuchungen von Fehling. Untersuchungen von Rivot. Brotuntersuchungen von Bibra. Stickstoffgehalt verschiedener Commißbröte nach Poggiale. Verfälschungen des Mehles und des Brotes. Nachweis der literarischen Quellen. *Stohmann.*

Butter . . . . S. 1293

Bestandtheile der Milch 1293. Aschenanalysen von Frauen- und Kuhmilch. Analysen verschiedener Milcharten. Analyse und Prüfung der Milch. Verfälschungen der Milch. Conservirung der Milch. Butterbereitung 1302. Geschichtliches. Molkereigefäße von Gußander. Molkereigefäße der Carlshütte in Schleswig. Sahnegewinnung nach Trommer. Buttermaschinen 1308. Nach Gußander. Nach Rennes-Drummond. Nach Stjernsvärd. Kastenkarre. Nach Lavoisy. Nach Girard. Nach Findall. Weitere Verarbeitung der Butter 1317. Amerikanischer Knetapparat. Salzen 1319. Ausbeute an Butter. Nachweis der literarischen Quellen. *Stohmann.*

Chinin . . . . S. 1321

Vorkommen der Chinabäume. Geschichtliches. Chinarinden, Eintheilung. A) Braune Chinarinden. Huanuco-, Loxa-, Blasse Jaën-, Huamalies-China. B) Gelbe Chinarinden. Königs-China, Flache Huanuco-, Flache Carabaya-, Pitaya, Harte Carthagena-, Faserige Carthagena-, Bogota-China. C) Rothe Chinarinden. Rothe Quito-, Rothe Cusco-China. Chiningehalt verschiedener Rinden 1329. Prüfung der Rinden. Darstellung des Chinins 1330. Reinigung von Cinchonin. Eigenschaften und Zusammensetzung. Chininsalze 1335. Erkennung und Prüfung des Chinins und der Salze 1336. *Schwanert und Stohmann.*

Chlor . . . . S. 1337

Geschichtliches. Darstellung und Eigenschaften. Chlorwasser. Chlorwasserstoffsäure 1343. Darstellung 1343. Eigenschaften. Specifisches Gewicht der wäßrigen Salzsäure. Chlorsäuren 1346. Unterchlorige Säure. Chlorige Säure. Unterchlorsäure. Chlorsäure. Ueberchlorsäure. Chlorochlorsäure. Chlorüberchlorsäure. Bestimmung des Chlors 1350. *Stohmann.*

Chlorkalk . . . . S. 1353

Fabrikation 1353. Darstellung des Kalkhydrats. Entwicklung des Chlorgases. Absorption des Chlorgases. Darstellung des flüssigen Chlorkalks. Neuere Methoden der Chlorkalkfabrikation. Dunlop's Methode. Laurens' Methode. Schlösing's Methode. Wiedergewinnung des Mangansuperoxyds aus dem Manganchlorür 1367. Dunlop und Balmain's Methode. Gatty und Macqueen's Methode. Prüfung des Chlorkalks, Chlorometrie 1368. Nach Graham-Otto. Nach Penot-Mohr. *Stohmann.*

Chloroform . . . . S. 1375

Darstellung. Eigenschaften. Constitution. Prüfung auf Reinheit. *Stohmann.*

Citronensäure . . . . S. 1379

Darstellung. Eigenschaften. *Stohmann.*

Conserven . . . . S. 1385

Begriff. Bedingungen des Verderbens der Nährstoffe 1385. Fäulniß. Gährung. Verwesung. Verhinderung des Verderbens der Nährstoffe 1393. Ausschließung der Wärme. Entfernung des Wassers. Abschluß der Luft 1396. Antiseptica. Gewürze. Räuchern. Hopfen. Conservirung thierischer Substanzen 1399. Milch 1399. Conservateur du lait. Verfahren nach Trommer. Verfahren nach Appert. Verfahren nach Mabru. Butter 1403. Eier 1405. Fleisch 1406. Verfahren nach Appert. Verfahren nach Villaumez. Verfahren nach Fastier und Morel-Fatio. Verfahren nach Nasmyth. Verfahren nach Robert. Verfahren nach Clermont; nach Zimettin und Bonnière. Conservirung durch Räuchern.

Schnellräucherung. Conservirung durch Pökeln. Veränderungen des Fleisches durch das Pökeln. Schnellpökeln. Verfahren nach Runge. Verfahren nach Wolhly. Verfahren nach de Lignac. Stockfisch, Caviar 1415. Bouillon 1415. Fleischzwieback 1416. Fleischextract 1418. Conservirung von Leichen und anatomischen Präparaten 1418. Conservirung von vegetabilischen Substanzen 1419. Früchte 1420. Gemüse, Comprimirung 1420. Verfahren von Masson. Verfahren von Morel-Fatio, Dolfaß und Verdeil. Verfahren von Appert. Einsalzen und Einmachen 1422. Anwendung des Ammoniaks. Hopfen 1424. Getreide 1425. Zerstörer des Getreides. Beizen, Kälken. Silos. Trocknen. Holz 1430. *R. Otto.*

Cyan . . . . S. 1431

Vorkommen und Bildung. Bildung und Constitution des Ferrocyans und des Ferridcyans. Verbindungen des Cyans, des Ferrocyans und des Ferridcyans. Cyanwasserstoffsäure, Blausäure 1434. Vorkommen und Bildung derselben. Darstellung der wasserfreien Blausäure. Darstellung der wasserhaltigen Blausäure. Eigenschaften und Zersetzungen. Prüfung und Bestimmung. Nachweisung bei Vergiftungsfällen. Anwendung und physiologische Wirkung. Ferrocyankalium, gelbes Blutlaugensalz 1447. Bildung und Darstellung. Fabrikation. Rohmaterialien. Schmelzöfen. Bestandtheile der Schmelze. Auslaugen der Schmelze. Reinigung der Rohproducte. Neuere Fabrikationsmethoden. Nach Turner, Laming, Karmrodt. Zusammensetzung, Eigenschaften und Zersetzungen. Prüfung. Ferridcyankalium, rothes Blutlaugensalz 1460. Fabrikation. Blaupulver. Darstellungsmethode nach Schönbein; nach Böttger. Eigenschaften. Prüfung. Cyankalium 1464. Darstellung. Liebig's Cyankalium. Wagner's Cyankalium. Prüfung. Berlinerblau, Pariserblau 1466. Darstellung. Turnbull's Blau. *Stohmann.*

Aether.

Als Aether bezeichnet man in der organischen Chemie eine große Classe von Verbindungen, die sich von den ihnen entsprechenden Alkoholen so ableiten lassen, daß 1 Aeq. Wasserstoff der Alkohole durch 1 Aeq. eines Alkoholradicals vertreten wird. Z. B.:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethylalkohol}} + \underbrace{C_4H_5}_{\text{Aethyl}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethyläther}} + \underbrace{H}_{\text{Wasserstoff.}}$$

Ihre Bildung läßt sich am leichtesten nachweisen aus der Zersetzung des Natriumäthylats mittelst der Jodverbindung des Radicals. Das Natriumäthylat ist der Alkohol, in welchem 1 Aeq. Wasserstoff durch Natrium vertreten ist. Es bildet sich, indem man metallisches Natrium in wasserfreien Alkohol bringt:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethylalkohol}} + \underbrace{Na}_{\text{Natrium}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\Na\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Natriumäthylat}} + \underbrace{H}_{\text{Wasserstoff.}}$$

Läßt man auf das Natriumäthylat Jodäthyl wirken, so entsteht der Aether und Jodnatrium:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\Na\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Natriumäthylat}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\J\end{matrix}\right\}}_{\text{Jodäthyl}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethyläther}} + \underbrace{NaJ}_{\text{Jodnatrium.}}$$

Auf ähnliche Weise entsteht aus dem Natriumamylat und Jodamyl der Amyläther:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}\\Na\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Natriumamylat}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}\\J\end{matrix}\right\}}_{\text{Jodamyl}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}\\C_{10}H_{11}\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Amyläther}} + \underbrace{NaJ}_{\text{Jodnatrium.}}$$

Oder aus Natriumamylat und Jodäthyl der gemischte Aethylamyläther:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}\\Na\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Natriumamylat}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\J\end{matrix}\right\}}_{\text{Jodäthyl}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_{10}H_{11}\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethylamyläther}} + \underbrace{NaJ}_{\text{Jodnatrium.}}$$

Die Aetherarten entstehen jedoch auch, wenn man auf Aetherschwefelsäure Alkohol einwirken läßt, unter Freiwerden von Schwefelsäure. Betrachtet man die Schwefelsäure als zweibasische Säure, wie man es nach dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft thun muß, und schreibt man ihre Formel $\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$, so treten bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Alkohol folgende Zersetzungen ein:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethylalkohol}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\(C_4H_5)H\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Aethylätherschwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Wasser.}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\(C_4H_5)H\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Aethylätherschwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethylalkohol}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethyläther}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure.}}$$

Diese Zersetzung ist die einfachere und wird bei der Darstellung am häufigsten angewandt.

Das bekannteste Glied der Aetherarten ist der Aethyläther oder der gewöhnliche

Aether, früher fälschlich Schwefeläther genannt. Er soll schon dem Raimund Lullius, welcher im dreizehnten Jahrhundert lebte, bekannt gewesen sein. Das Verfahren seiner Darstellung ist in dem Dispensatorium von Valerius Cordus beschrieben und von dort von Geßner in seinem Thesaurus Euonymi de remediis secretis, welcher im Jahre 1552 veröffentlicht wurde, übertragen. Er nannte ihn Oleum vitrioli dulce. Der Aether scheint auch dem Basilius Valentinus und Paracelsus bekannt gewesen zu sein. Die erste genauere Untersuchung des Aethers wurde im Jahre 1730 von Frobenius gemacht. Er studirte manche Eigenschaften der Substanz und führte zuerst den Namen Aether ein, um den älteren Namen Naphtha zu verdrängen.

Darstellung. Gleiche Theile Schwefelsäure und Alkohol (von 90 Proc.) werden vorsichtig in einer Retorte gemischt und diese mit einer Kühlvorrichtung und Vorlage versehen. Die Retorte wird in ein Sandbad gesetzt, der Kühler mit kaltem Wasser gefüllt und die Vorlage mit Eis umgeben. Durch den Tubulus der Retorte geht eine, unten zu einer feinen Spitze ausgezogene Trichterröhre, welche gerade in die Flüssigkeit der Retorte taucht. Man erwärmt dann allmälig, bis der Inhalt der Retorte anfängt zu kochen, und regulirt das

Feuer so, daß das Kochen ununterbrochen, aber nicht zu heftig, fortgeht. Man öffnet dann den Hahn eines größeren mit Alkohol gefüllten Behälters, welcher gerade über dem Trichterrohre befindlich ist, und läßt durch diesen Alkohol nachfließen und zwar eine ebenso große Menge, als Flüssigkeit bei der Destillation übergeht. Die Operation wird unterbrochen, sobald sich in der Vorlage eine hinreichende Menge Destillat befindet. Dieses besteht gewöhnlich aus zwei von einander getrennten Schichten. Die untere ist Wasser, welches stets etwas Alkohol, Aether und schweflige Säure enthält; die obere Schicht besteht wesentlich aus Aether, welcher aber noch mit Wasser und Alkohol verunreinigt ist.

Die beiden Schichten werden getrennt; die obere wird mit etwas Wasser und Kalkmilch geschüttelt und dann im Wasserbade bei möglichst niedriger Temperatur einer Rectification unterworfen. Man beobachtet dabei das specifische Gewicht des Destillats und wechselt die Vorlage, sobald dieses höher als 0,735 wird. Dieser Theil ist für die meisten Zwecke hinreichend rein. Die folgende Portion, welche ein höheres specifisches Gewicht zeigt, wird mit kaltem Wasser geschüttelt, um ihr den ihr noch beigemischten Alkohol zu entziehen, und dann für sich besonders destillirt. Die Waschwasser werden mit dem Wasser, welches zuerst mit dem rohen Aether überdestillirt ist, gemischt und in einem Destillationsapparate gelinde erwärmt. Der Aether, welcher in dem Wasser enthalten war, verflüchtigt sich dann und wird in der Vorlage verdichtet. Man prüft von Zeit zu Zeit, ob das Destillat mit Wasser mischbar sei. So lange Aether übergeht, wird dieser dabei auf dem Wasser schwimmen, ohne sich damit zu vermischen. Später destillirt Alkohol, welcher bei der Behandlung mit Schwefelsäure der Zersetzung entgangen war. Dieser wird besonders aufgefangen und von dem Aether getrennt, indem man die Vorlage sofort wechselt, sobald man bemerkt, daß das Destillat sich mit Wasser mischt. Diese Trennung ist ziemlich scharf auszuführen, da der Aether einen weit niedrigeren Siedpunkt, als der Alkohol hat. Die Destillation wird dann noch so lange fortgesetzt, bis das Destillat nicht mehr brennbar ist, ein Zeichen, daß kein Alkohol mehr in dem Destillationsgefäße befindlich ist.

Auf diese Weise sind alle Theile annähernd von einander getrennt. Man hat einestheils Aether, der nur noch sehr wenig Alkohol enthält, anderentheils Alkohol, der nur mit wenig Aether gemischt ist. Will man den Aether vollkommen rein haben, so vermischt man das schon einmal rectificirte Destillat mit Wasser, schüttelt es kräftig um, zieht dann die obere Schicht mit einem Heber vorsichtig ab, läßt sie einige Tage lang mit geschmolzenem Chlorcalcium in Berührung und destillirt nochmals bei sehr geringer Wärme; auf diese Weise wird ein absolut reiner Aether erhalten, der bei einer Temperatur von 15° C. ein specifisches Gewicht von 0,725 zeigt. Das specifische Gewicht entscheidet über die Reinheit des Aethers.

Die verschiedenen Vorschriften zur Darstellung des Aethers weichen verhältnißmäßig wenig von einander ab, nur in der Quantität des Alkohols, welcher zuerst mit der Schwefelsäure gemischt wird, finden sich verschiedene Angaben. Bei den obigen Verhältnissen, nach Boullay, ist die Menge des Alkohols zu hoch. Der Siedpunkt der Mischung wird dadurch so weit erniedrigt, daß namentlich Anfangs die Aetherbildung nicht stattfindet. Es destillirt dann viel unzersetzter Alkohol über. Es ist daher besser, die Vorschrift der preußischen Pharmakopöe zu befolgen, nach welcher 5 Pfd. Alkohol mit 9 Pfd. Schwefelsäure vermischt werden; die Destillation wird dann so lange fortgesetzt, bis die Menge des verbrauchten Alkohols das Fünffache der angewendeten Schwefelsäure beträgt. Nach Mohr soll aber hier die Menge des Alkohols zu gering sein; er wendet statt dessen auf 4 Theile Schwefelsäure 3 Theile Alkohol an und will dadurch die weiter gehende Zersetzung, Bildung von schwefliger Säure und Zerstörung des Alkohols, vermeiden.

Die Destillation wird im Kleinen gewöhnlich in einer gläsernen Retorte oder in einem Kolben vorgenommen; im Großen bedient man sich dazu einer bleiernen Blase.

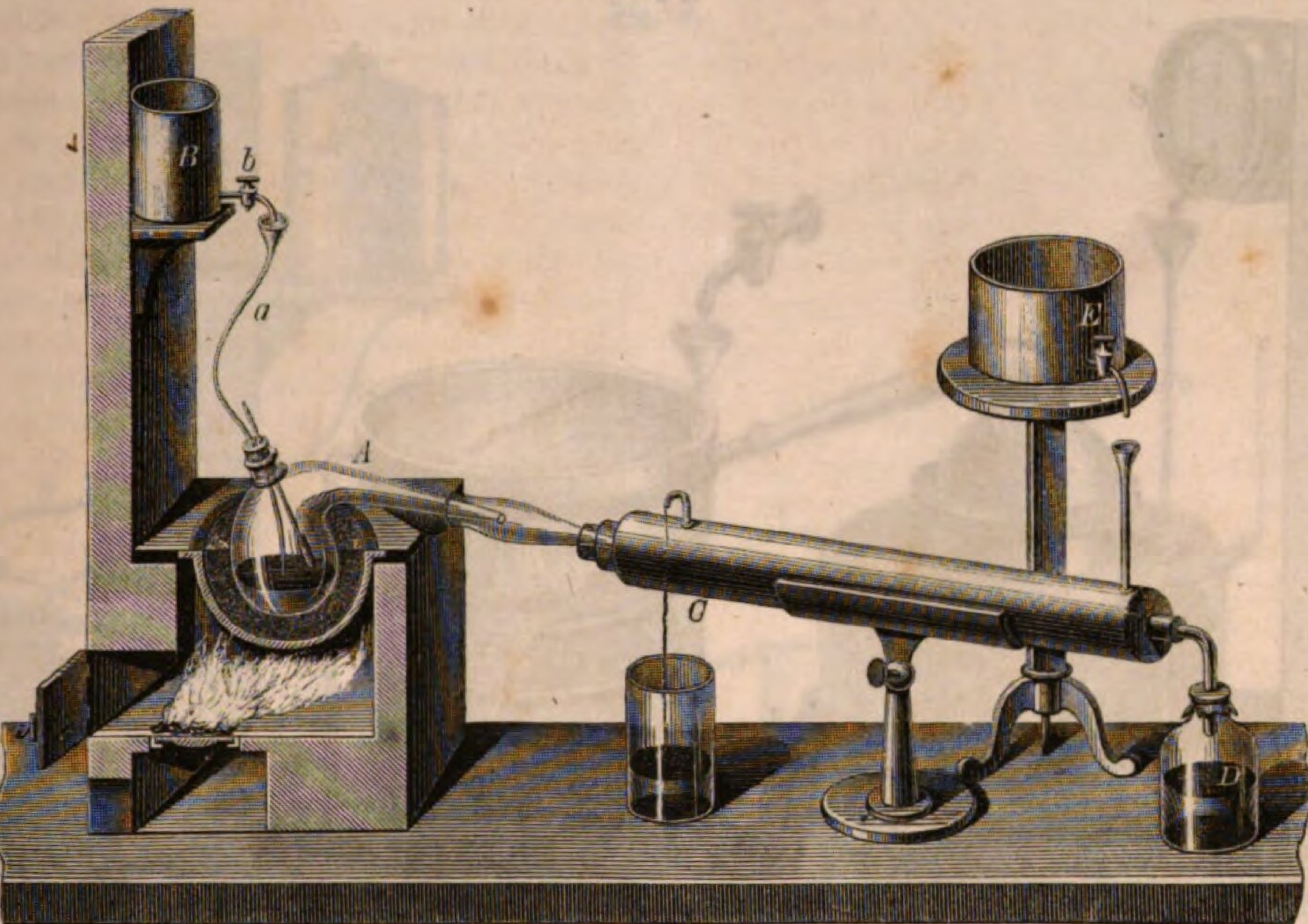
Bei der Fabrikation des Aethers hat man namentlich darauf zu achten, daß das Destillat vollkommen in den Kühlapparaten condensirt werde, daß weder die Flüssigkeit selbst, noch ihre Dämpfe mit Feuer in Berührung kommen, da der Aether ohne Zweifel der am leichtesten entzündliche Körper ist, und da seine Dämpfe, mit Luft gemischt, mit furchtbarer Gewalt explodiren. Man sollte die Destillationsräume daher so einrichten, daß die Heizung von außen geschieht, indem die Feuerräume also durch die Wand vom Arbeitslocale getrennt sind. In Fabriken sollte die Aetherbereitung nur in eigens für diesen Zweck bestimmten massiven Gebäuden, die von allen anderen Fabrikgebäuden entfernt liegen, ausgeführt werden.

Zur Darstellung kleinerer Mengen von Aether, wie für den Bedarf in Apotheken, chemischen Laboratorien &c. kann der in Fig. 1 dargestellte Apparat dienen. *A* ist eine gläserne, tubulirte Retorte, welche in einer eingemauerten eisernen Capelle liegt. Diese ist mit Sand gefüllt und wird von außen geheizt. Der Tubulus der Retorte ist mit einem zweifach durchbohrten Kork verschlossen. Durch die eine Oeffnung geht ein Thermometer, durch die andere die dünne Bleiröhre *a*. Diese ist unten bis zur Weite eines starken Stecknadelknopfes verengt und an ihrem oberen Ende mit einem kleinen Trichter versehen. Ueber der Retorte befindet sich ein Gefäß ..s Weißblech, *B*, welches den Alkohol enthält; am Boden desselben ist ein Hahn, *b*, angebracht, der sich gerade über dem Trichter der Bleiröhre befindet. Durch Oeffnen des Hahnes kann man daher den Alkohol in einem beliebig starken Strome in die Retorte fließen lassen. Der Destillationsapparat ist mit einem gewöhnlichen Liebig'schen Kühler, *C*, verbunden. Die Flasche *D* dient zur Aufnahme des Destillats. Der Behälter *E* enthält Wasser, welches man durch Zusatz von Eis auf möglichst niedriger Temperatur erhält. Es fließt in einem langsamen Strome während der ganzen Destillationszeit durch den Trichter den Dämpfen entgegen. Alle Oeffnungen werden sorgfältig mit Blase verbunden, selbst der Hals der Flasche *D* wird damit überspannt; in diese macht man mit einer Nadel mehrere kleine Oeffnungen, um die Luft und nicht verdichtbare Gase entweichen zu lassen. Mit einem auf diese Weise vorbereiteten Apparate kann man ohne alle Gefahr arbeiten; durch den dichten Verschluß ist ein Entweichen von

Aetherdämpfen unmöglich, so lange die Kühlung nicht unterbrochen wird.

Die erste Mischung der Schwefelsäure mit dem Alkohol geschieht gewöhnlich in einem eisernen Topfe, da Glasgefäße durch die dabei frei werdende Wärme leicht dem Zerspringen ausgesetzt sind. Man bringt zuerst 3 Pfd. Alkohol in den Topf, gießt darauf vorsichtig 4 Pfd. Schwefelsäure an der Wand hinab, so daß sie

Fig. 1.



sich unter dem Alkohol ablagert. Beide Schichten werden dann rasch durch kräftiges Umrühren mit einer Ruthe oder einem hölzernen Spatel gemischt und vereinigen sich dabei zu einer Flüssigkeit. Diese bleibt die Nacht über stehen und wird am folgenden Morgen in die Retorte gebracht. Man erwärmt ganz allmälig, bis die Flüssigkeit ins Kochen kommt. Dieses beginnt, wenn man mit obiger Mischung arbeitet und dabei Schwefelsäure von 66° B. und Alkohol von 90 Proc. anwendet, bei 125° C. Man bemerkt dann bald, daß Aether und Wasser zusammen übergehen, die Temperatur der Flüssigkeit wird sich dabei noch etwas steigern, was ohne Schaden geschehen kann. Die Destillation geht unter gleichmäßigem Kochen ruhig vorwärts. Sobald man bemerkt, daß das Thermometer 135° zeigt, öffnet man den Hahn des Spiritusbehälters und läßt den Weingeist durch die Trichterröhre in die Retorte fließen. Die Quantität desselben wird so regulirt, daß das Niveau der Flüssigkeit in der Retorte unverändert bleibt, man läßt also so viel Alkohol zu, als Aether und Wasser überdestilliren. Die Temperatur der Flüssigkeit wird während der ganzen Destillation möglichst nahe bei 135° gehalten, sie kann zwischen 130 und 140° schwanken, darf diese Temperatur aber nie überschreiten, da der Alkohol dann statt in Aether in ölbildendes Gas verwandelt werden würde.

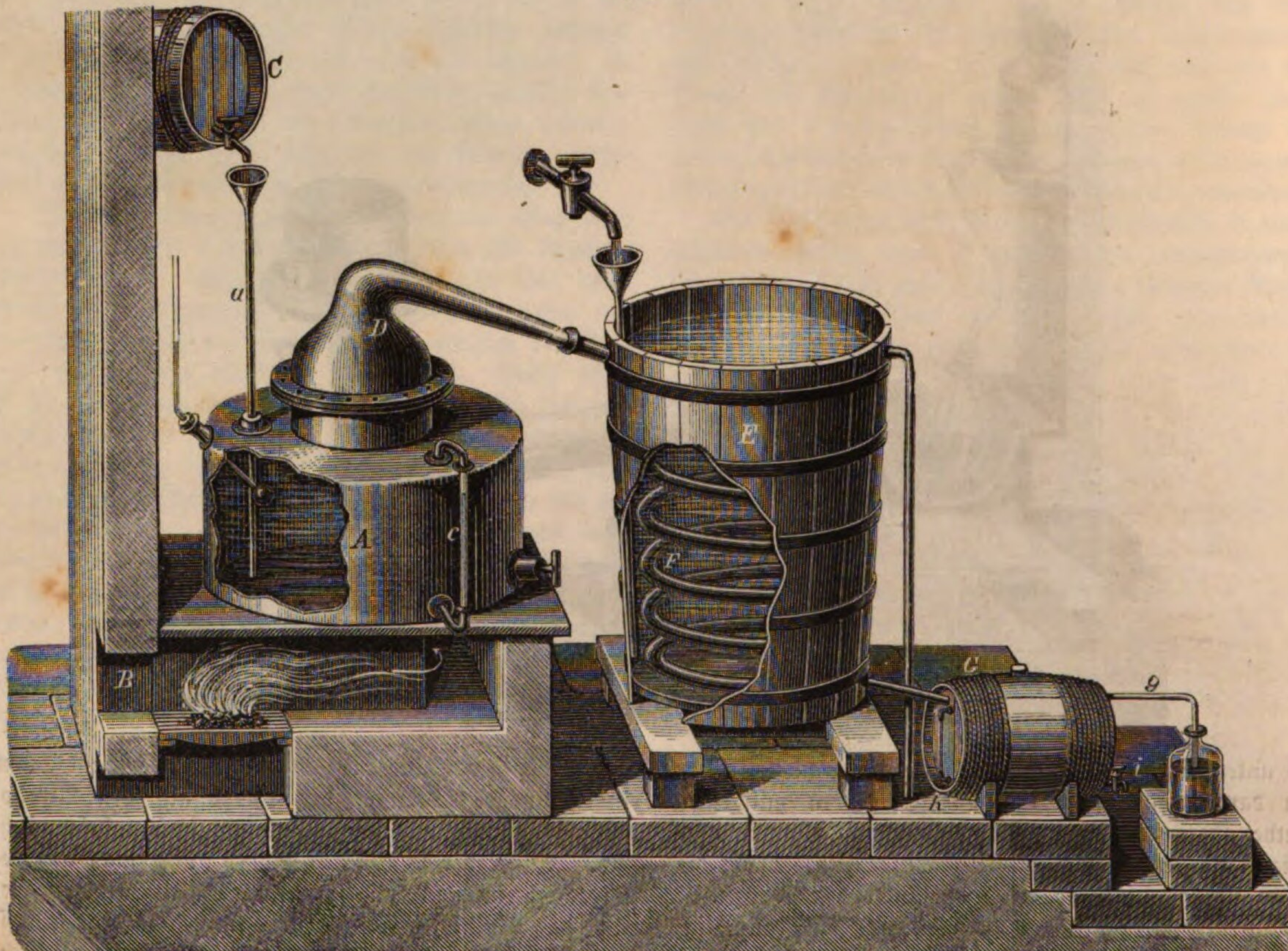
Im Anfange der Operation findet man in der Flasche nur Aether und Wasser, die in zwei scharf begrenzten Schichten über einander lagern. Nach Verlauf einiger Zeit treten aber auch andere Zersetzungsproducte auf; in der Retorte scheidet sich Kohle ab; das Destillat wird von schwefliger Säure begleitet. Diese entsteht durch eine secundäre Wirkung der Säure auf den Alkohol oder auf andere Substanzen, welche diesem beigemischt sind. Außer der schwefligen Säure findet man im Destillat noch einen anderen Körper von unangenehmem Geruch, das Weinöl. Endlich geht auch stets eine gewisse Menge Weingeist mit über; dieses geschieht namentlich, sobald die Temperatur zu niedrig wird, und kann so weit gehen, daß der sämmtliche Aether von dem wasserhaltigen Alkohol in der Vorlage gelöst wird. Man muß daher während der Arbeit stets das Thermometer beobachten. Man unterbricht die Operation erst dann, wenn circa 4- bis 5mal so viel Alkohol zersetzt ist, als man Schwefelsäure gebraucht hatte, oder wenn sich eine zu große Menge schwefliger Säure entwickelt.

Bei der fabrikmäßigen Gewinnung des Aethers bedient man sich gewöhnlich des in Fig. 2 gezeichneten Apparates, der im Wesentlichen mit dem vorhergehenden übereinstimmt und sich nur durch seine Dimensionen und die damit verbundenen Aenderungen von diesem unterscheidet.

A ist eine bleierne Blase von 30 Zoll Durchmesser und 24 Zoll Höhe; sie steht auf einer mit Sand bedeckten gußeisernen Platte und wird von unten geheizt. *B* ist der Feuerraum, dessen Oeffnung außerhalb des Locals liegt, so daß in dieses nie freies Feuer gelangen kann. Das Feuer geht von *B* aus in der Richtung der Pfeile, bis an das Ende des Raumes, wendet sich dann um die Zunge, welche die Feuerung schneidet, und entweicht endlich in den Schornstein. Bei einem so eingerichteten Feuerraume spart man bedeutend an Kohlen, da die

Hitze dann gezwungen ist, einen doppelt so weiten Weg zu machen, als wenn sie direct in den Schornstein ginge. Der Alkohol fließt aus dem Fasse *C* durch den Hahn *f* und das Bleirohr *a* in die Blase. Die letztere hat zwei Oeffnungen, die obere hat einen Durchmesser von 10 bis 12 Zoll und dient zum Füllen des Apparates; die untere wird durch ein Bleirohr von 1 Zoll Weite gebildet, durch sie wird die Flüssigkeit abgelassen; sie wird mit

Fig. 2.



einem Stöpsel, welcher dicht in das Rohr paßt, verschlossen. Der Helm *D* wird durch Ringe und Schrauben auf der oberen Oeffnung befestigt und verbindet diese mit dem Kühlfaß *E*, in welchem die Schlangenröhre *F* liegt. Das untere Ende dieses Rohres mündet in das Faß *G*, in welchem sich das Destillat ansammelt. Die nicht verdichtbaren Gase entweichen durch die gebogene Röhre *g*, welche in eine Flasche, die Kalkmilch enthält, mündet. Den Stand der Flüssigkeit in dem Fasse zeigt die Glasröhre *h*. Nachdem sich eine hinreichende Menge des Destillats darin angesammelt hat, öffnet man den Hahn *i* und läßt den Inhalt, nachdem man zuvor die Flasche, in welcher sich die Röhre *g* befindet, weggenommen hat, in ein passendes Gefäß, welches am besten aus Kupferblech gearbeitet ist, laufen.

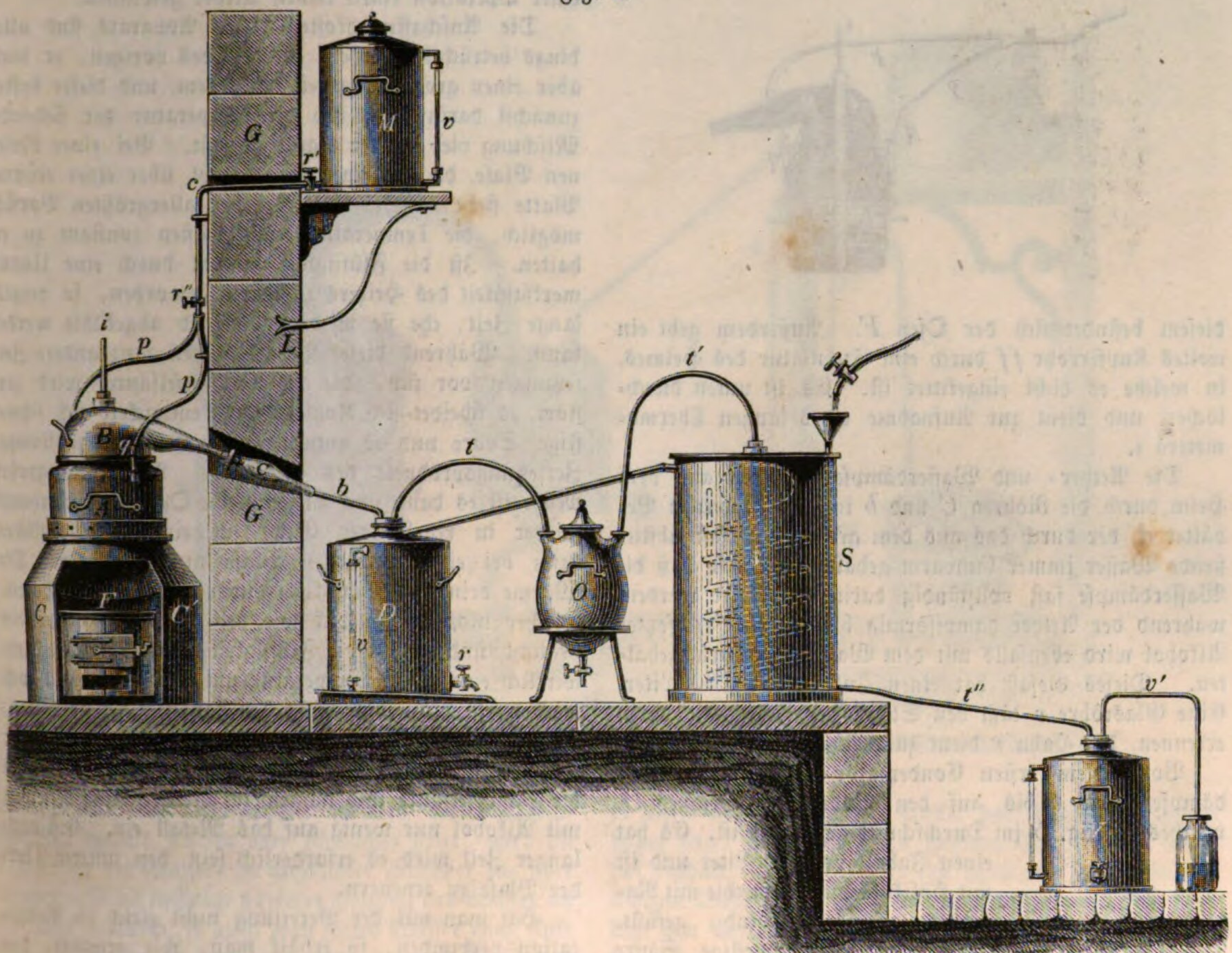
Die Blase wird gefüllt, indem man den Helm abnimmt und Säure und Alkohol darin vermischt. Der Stand der Flüssigkeit wird durch die Glasröhre *c*, welche in zwei Bleiröhren, die in die Blase münden, eingekittet ist, bestimmt. Das Gemisch soll den Destillationsapparat nicht weiter, als bis zu höchstens drei Viertel seiner Höhe füllen. Man giebt Anfangs ein gelindes Feuer und verstärkt dieses allmälig, bis die Destillation beginnt und die Flüssigkeit ins Sieden kommt. Der Temperaturgrad wird durch ein Thermometer angezeigt, welches so lang ist, daß es stets in die Flüssigkeit taucht und außerdem noch aus dem Apparate hervorsteht. Die gewöhnlichen Quecksilber-Thermometer sind dazu zu klein und für den Gebrauch eines gewöhnlichen Arbeiters zu zerbrechlich; man kann sich daher vortheilhaft eines Oel-Thermometers bedienen, welches man sich darstellt, indem man an eine starkwandige Glasröhre eine Kugel von fast einem Zoll Durchmesser bläst, diese mit einem fetten, nicht trocknenden Oele füllt und dann den Stand des Oeles, welchen dieses bei einer Temperatur von 130° und 140° einnimmt, auf der Röhre durch zwei Feilstriche bemerkt.

Der Verlauf der Arbeit ist ganz wie oben angegeben, er geht Tag und Nacht ununterbrochen weiter und wird erst beendet, nachdem die hinreichende Menge Alkohol durch den Apparat gegangen ist. Man hat sich dann nur doppelt vor der Entzündung des Aethers zu hüten, da dieser nicht allein schon durch eine unmittelbar damit in Berührung gebrachte Flamme, sondern aus einiger Entfernung entzündlich ist. Man sollte den Raum daher nur mit einer gut verschlossenen Laterne betre-

ten und die Größe der Vorlage so einrichten, daß ein Abziehen des Aethers nicht während der Nacht zu geschehen braucht.

Als Rohproduct erhält man, wie schon angegeben, bei einer richtigen Leitung der Operation zwei Flüssigkeiten, deren obere wesentlich aus Aether, die untere aber hauptsächlich aus Wasser besteht. Sollte der Siedpunkt während der Destillation so tief gefallen sein, daß eine so große Menge Alkohol übergegangen ist, die hinreichend ist, allen Aether in Wasser löslich zu machen, so wird

Fig. 3.

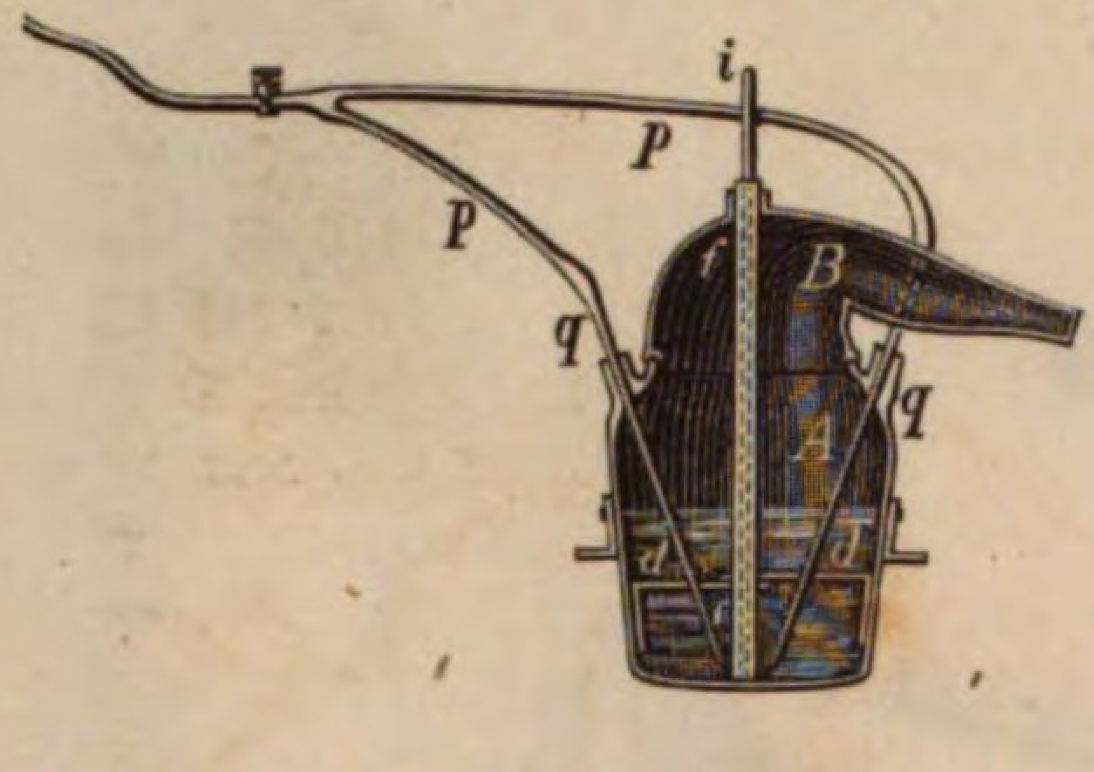


man allerdings nur eine gleichmäßige Flüssigkeit haben; man löst dann so viel Kochsalz darin, als sie aufnehmen kann, das Wasser wird dadurch den größten Theil des Aethers fahren lassen. Man trennt die beiden Flüssigkeiten auf mechanischem Wege, vereinigt die sämmtlichen Quantitäten des Aethers in einem Behälter und gießt das Wasser in ein dazu bestimmtes größeres Gefäß. Der Aether wird darauf mit seinem halben Volum Wasser, welches entweder Aetznatron oder Kalkmilch enthält, geschüttelt, um die schweflige Säure zu binden und einen Theil des Alkohols zu entfernen; das Waschwasser wird zu dem übrigen in dem Standgefäß gethan und der Aether dann rectificirt.

Der Aether siedet bei einer Temperatur von 35,5°, der Alkohol bei 78° und Wasser bei 100°. Die Trennung dieser verschiedenen Substanzen geschieht daher durch Destillation. Man kann dazu ähnliche Apparate wie zur Spiritusfabrikation anwenden, die so eingerichtet sind, daß das sich bildende Wasser bei einer Temperatur verdichtet wird, bei welcher der Aether noch dampfförmig bleibt. Ein Apparat, welcher nach diesem Princip construirt ist und gleich bei der Bereitung einen reinen Aether liefern soll, ist in der Centralapotheke in Paris aufgestellt. Er ist von Soubeiran beschrieben und in Fig. 3 gezeichnet. Er besteht aus folgenden Haupttheilen: der Blase *A*, dem Alkoholbehälter *M*, dem ersten Condensator *D*, dem Reinigungsgefäß *O*, dem Kühlapparat *S* und dem Behälter *V*, in welchem sich der fertige Aether sammelt. Die Blase *A* ist aus sehr starken Kupfer angefertigt; sie ist 0,5 Meter tief, in der Mitte 0,4 Meter weit und faßt 60 Liter. Der Helm *B* ist von Blei. Die Blase ist in Fig. 4 im Durchschnitt gezeichnet. Der Alkohol fließt aus dem von verzinntem Kupfer angefertigten Behälter *M*, worin man den Stand der Flüssigkeit immer an der Glasröhre *v* erkennen kann, durch den Hahn *r'* und das Rohr *c*, welches unten den Hahn *r''* trägt, der mittelst einer doppelten Durchbohrung den Alkohol in zwei Röhren *pp* vertheilt, die wieder je in eine Glasröhre *q* einmünden. Die letzteren sind oben und unten offen und enden auf dem Boden der Blase. Ungefähr in einem Drittel der Höhe der Blase liegt der aus starkem Kupferblech bestehende Siebboden *d* (Fig. 4), der dazu dient, den Al-

kohol, wenn er dampfförmig durch die Schwefelsäure gehen sollte, mehr mit dieser in Berührung zu bringen und große Dampfblasen zu vertheilen. Der untere Theil der Blase hängt in einem eisernen Mantel CC' und unter

Fig. 4.



diesem befindet sich der Ofen F. Außerdem geht ein weites Kupferrohr ff durch eine Tubulatur des Helmes, in welche es dicht eingekittet ist. Es ist unten durchlöchert und dient zur Aufnahme eines langen Thermometers i.

Die Aether- und Wasserdämpfe gelangen aus dem Helm durch die Röhren C und b in den kupfernen Behälter d, der durch das aus dem großen Kühlfaß abfließende Wasser immer lauwarm gehalten wird, so daß die Wasserdämpfe fast vollständig darin condensirt werden, während der Aether dampfförmig bleibt; nicht zersetzter Alkohol wird ebenfalls mit dem Wasser hier zurückgehalten. Dieses Gefäß hat einen Inhalt von 100 Liter. Eine Glasröhre v läßt den Stand der Flüssigkeit darin erkennen, der Hahn r dient zum Ablassen des Destillats.

Von diesem ersten Condensator gehen die Aetherdämpfe durch t bis auf den Boden des Gefäßes O, welches in Fig. 5 im Durchschnitt gezeichnet ist. Es hat einen Inhalt von 30 Liter und ist mit Holzkohlenstückchen, die mit Natronlauge getränkt sind, gefüllt. Hier wird alle schweflige Säure und ein bei der Aetherbereitung immer in größerer oder geringerer Menge auftretendes Product, das Weinöl, gebunden. Das Gefäß wird dabei durch die Aetherdämpfe so weit erwärmt, daß der Aether immer noch dampfförmig bleibt, während der Rest des Wassers und des Alkohols verdichtet wird.

Fig. 5.



Der Aether wird endlich in der Schlange s, die durch einen ununterbrochenen Wasserstrom immer kalt gehalten wird, vollständig verdichtet und fließt durch das Rohr t'' in den Behälter V. Aus letzterem führt ein zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr v' die nicht verdichtbaren Gase in eine Wasser enthaltende Flasche, um damit den Apparat abzusperren.

Bei der Bereitung des Aethers mischt man zunächst 15 Kilogr. Schwefelsäure von 66° B. mit 10 Kilogr. Alkohol von 85 Volproc. Die heiße Mischung wird durch den Tubulus in die Blase gegossen, darauf das Thermometer eingesetzt und sogleich durch ein lebhaftes Feuer auf 130° erhitzt. Sobald diese Temperatur erreicht ist, öffnet man den Hahn r'' und läßt einen ununterbrochenen Strom Alkohol von 92 Volproc. nachfließen, dessen Stärke man so regulirt, daß die Temperatur der Mischung immer auf 130° erhalten bleibt. In 12 Arbeitsstunden kann man leicht 120 Kilogr. Alkohol durch den Apparat gehen lassen, und dabei in einer Operation einen reinen Aether gewinnen.

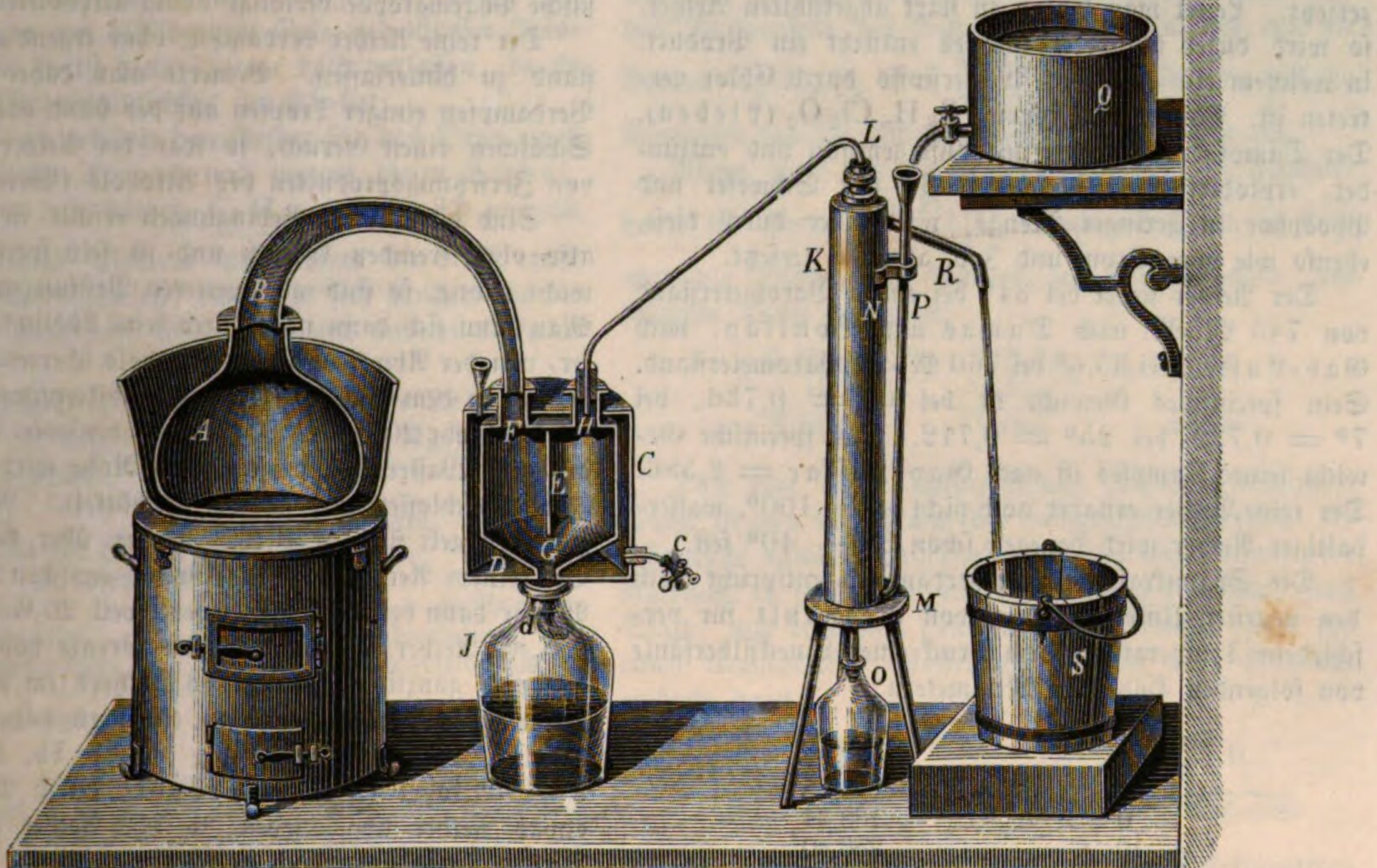
Die Anschaffungskosten dieses Apparats sind allerdings beträchtlich höher, als die des vorigen, er bietet aber einen großen Vortheil vor jenem, und dieser besteht zunächst darin, daß sich die Temperatur der siedenden Mischung viel leichter reguliren läßt. Bei einer bleiernen Blase, die auf einer Sandschicht über einer eisernen Platte steht, ist es nur bei der allergrößten Vorsicht möglich, die Temperatur einigermaßen constant zu erhalten. Ist die Flüssigkeit einmal durch eine Unaufmerksamkeit des Heizers zu warm geworden, so vergeht lange Zeit, ehe sie wieder genügend abgekühlt werden kann. Während dieser Periode gehen ganz andere Zersetzungen vor sich, die Aetherschwefelsäure wird zerstört, es scheidet sich Kohle ab, es entwickelt sich schweflige Säure und es entweichen massenhaft gasförmige Zersetzungsproducte des Alkohols. Nur mit großer Mühe ist es dann noch möglich, die Operation überhaupt wieder in regelrechten Gang zu bringen. Aehnliches kann bei einer kupfernen Blase nicht eintreten. Die Wärme dringt augenblicklich durch den kupfernen Boden, welcher nicht $1/4$ so dick wie der der Bleiblase zu sein braucht, und erhitzt die Flüssigkeit sofort. Sollte dann wirklich einmal die Temperatur um einige Grade zu hoch werden, so kann man leicht den ganzen Ofen fortziehen, wodurch die Blase sich augenblicklich abkühlt. Bei der Temperatur, welche zur Aetherbildung nöthig ist, wirkt die Schwefelsäure und namentlich die Mischung derselben mit Alkohol nur wenig auf das Metall ein. Erst nach langer Zeit wird es erforderlich sein, den unteren Theil der Blase zu erneuern.

Hat man mit der Bereitung nicht gleich die Rectification verbunden, so erhält man, wie erwähnt, den rohen Aether, welcher Wasser, Alkohol, schweflige Säure ꝛc. enthält. Nach dem Waschen kann man ihn in dem in Fig. 6 gezeichneten Apparate rectificiren.

A ist eine kupferne Blase, deren Größe sich nach dem Betriebe der Arbeit richtet; sie steht in einem Wasserbade, welches durch einen Windofen oder auf eine andere passende Weise erwärmt wird. Der Helm B ist mit dem Halse F des Mohr'schen Vorkühlers C verbunden. Der Vorkühler besteht aus zwei getrennten Räumen D und E. D dient zur Aufnahme von Wasser von 38 bis 40° und E zur Condensation der Alkohol- und Wasserdämpfe. Dieses geschieht auf folgende Weise. Die gemischten Dämpfe treten aus der Blase, gelangen bei F in den Vorkühler, dessen Temperatur durch das ihn umgebende Wasser auf 38° erhalten wird, sie gehen dann um die Zunge G und entweichen durch die zweite Oeffnung H, nachdem sie auf 38° abgekühlt sind. Bei dieser Temperatur wird der Alkohol fast vollständig verdichtet, fließt durch das unten umgebogene Rohr d in die Flasche J, während der Aetherdampf, der bei dieser Temperatur noch 2,5° über den Siedpunkt erhitzt ist, nicht condensirt werden kann. In dem Mantel des Vor-

kühlers sind drei Oeffnungen. In eine derselben ist mittelst eines Korkes ein Thermometer eingeklemmt, die zweite enthält ein Trichterrohr, die dritte *c* dient zum Ablassen des Wassers, sie ist zu dem Zweck mit einem Kork verschlossen, durch welchen ein Glasrohr geht, über welches ein mit einem Quetschhahn zu verschließender Kautschukschlauch geschoben wird. Im Anfange der Operation wird der Vorkühler mit Wasser von 38° gefüllt. Man beachtet dann an dem Thermometer, daß diese Temperatur constant bleibe. Je

Fig. 6.



nachdem man das Wasserbad, welches die Rectificationsblase enthält, stärker oder schwächer heizt, wird die Temperatur des Wassers im Vorkühler entweder zu- oder abnehmen. Wird in Folge stärkerer Heizung das Wasser im Vorkühler zu warm, so gießt man kaltes Wasser nach, sinkt seine Temperatur, so heizt man entweder das Wasserbad stärker, um mehr Dämpfe zu bilden, oder man erwärmt den Vorkühler durch Zusatz von warmem Wasser.

Der Aetherdampf ist auf diese Weise von Wasser und Alkohol getrennt; es bleibt dann nur noch übrig, ihn selbst zu verdichten. Es wird zu dem Zwecke durch eine zweimal gebogene Glasröhre, nachdem er aus *H* entweicht, in das Kühlrohr *L* des Condensationsapparates *K* geleitet. Dieser besteht aus der Glasröhre *L*, welche von einem weiten Metallcylinder *N* umgeben ist. Das untere Ende der Glasröhre ist wasserdicht in den hölzernen Bock *M* eingefaßt und mündet in die Flasche *O*, welche den verdichteten Aether aufnimmt. *Q* ist ein Reservoir für kaltes Wasser, in dem stets Eis schwimmt, um es möglichst abzukühlen. Das Wasser fließt durch die Röhre *P*, tritt in den Cylinder *N*, kühlt die Wände des Glasrohrs und läuft durch die Röhre *R* in das Gefäß *S*.

Man erhält so den Alkohol und den Aether jeden für sich in einem besonderen Gefäße. Der Aether wird in den meisten Fällen hinreichend rein sein; man überzeugt sich davon durch sein specifisches Gewicht, ist dieses bei einer Temperatur von 15° = 0,725, so entspricht er allen Anforderungen. Sollte das specifische Gewicht höher sein, so ist dieses ein Zeichen, daß er noch Alkohol enthält. Man schüttelt ihn dann mit seinem halben Volum Wasser, trennt die beiden Schichten von einander, läßt den Aether in dem Destillationsapparate 24 Stunden lang mit scharf getrocknetem Chlorcalcium in Berührung und destillirt bei sehr gelinder Wärme. Er wird dann völlig rein sein.

Die verschiedenen Waschwasser und das rohe wäßrige Destillat werden am besten zu Gute gemacht, wenn man sie mit etwas Kreide in einen Destillationsapparat bringt und so lange heizt, bis das Uebergehende nicht mehr brennbar ist. Dieses besteht dann aus einer Mischung von Aether mit Alkohol und etwas Wasser und wird mit dem rohen Aether rectificirt.

Der Aether wird jetzt in den chemischen Fabriken in großen Quantitäten dargestellt und kommt zu billigem Preise in den Handel, so daß man ihn jedenfalls im Apothekenbedarf nicht so billig herstellen kann. Bei den mannigfachen Gefahren, welchen man bei der Bereitung ausgesetzt ist, wird daher um so mehr mit Recht die Darstellung des Aethers ausschließlich den Fabrikanten überlassen.

Eigenschaften. Der Aether ist eine wasserhelle, sehr flüchtige, bewegliche Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch. Er ist völlig neutral, reagirt weder sauer noch alkalisch. Sein Lichtbrechungsvermögen ist sehr groß.

Er ist ein Nichtleiter der Elektricität. Er ist in 10 Volumen Wasser löslich, 36 Volumina Aether nehmen dagegen nur 1 Volumen Wasser auf; mit Alkohol ist er in allen Verhältnissen mischbar; er löst Jod, Brom und viele organische Substanzen mit Leichtigkeit. Von Chlor wird er bei gewöhnlicher Temperatur unter Licht- und Wärmeentwicklung und unter Abscheidung von Kohle zersetzt. Leitet man Chlor in stark abgekühlten Aether, so wird dieser absorbirt und es entsteht ein Product, in welchem ein Theil des Wasserstoffs durch Chlor vertreten ist. Es hat die Formel $C_8 H_8 Cl_2 O_2$ (Lieben). Der Dampf des Aethers, mit Luft gemischt und entzündet, explodirt wie Knallgas. Er löst Schwefel und Phosphor in geringer Menge, wird aber durch diese, ebenso wie vom Brom und Jod, allmälig zersetzt.

Der Aether siedet bei 34° bei einem Barometerstand von 745 M.-M. nach Dumas und Boullay; nach Gay-Lussac bei 35,6° bei 760 M.-M. Barometerstand. Sein specifisches Gewicht ist bei 0° = 0,736, bei 7° = 0,729, bei 25° = 0,712. Das specifische Gewicht seines Dampfes ist nach Gay-Lussac = 2,586. Der reine Aether erstarrt noch nicht bei — 100°, wasserhaltiger Aether wird dagegen schon bei — 40° fest.

Die Spannkraft des Aetherdampfes entspricht nach den neuesten Untersuchungen von Regnault für verschiedene Temperaturen dem Druck einer Quecksilbersäule von folgenden Höhen in Millimetern:

Temperatur.	M.-M
— 20°	67,49
— 10	113,35
0	183,34
+ 10	286,40
20	433,26
30	636,33
40	909,59
50	1271,12
60	1728,52
70	2307,81
80	3024,41
90	3898,05
100	4950,81
110	6208,37
120	7702,20

Der Aether soll, wenn er häufig mit der Luft in Berührung kommt, Sauerstoff aufnehmen und allmälig sauer werden. Wir haben dieses aber bei sorgfältig dargestelltem, völlig wasserfreiem Aether nie beobachten können, bei wasserhaltigem oder mit Alkohol vermischtem Aether tritt dieses allerdings nach einiger Zeit ein. Schönbein stellte eine Flasche, welche mit Sauerstoff oder atmosphärischer Luft gefüllt war und etwas Aether enthielt, mehrere Monate lang im zerstreuten Lichte auf; er fand dann, daß der Aether nicht sauer reagire, sondern Pflanzenpigmente zerstöre, Phosphor in phosphorige Säure verwandle, Jod aus dem Jodkalium abscheide, kurz alle Eigenschaften des Ozons habe.

Wenn die Dämpfe des Aethers durch eine glühende Röhre geleitet werden, so zerfallen sie in Kohlenwasserstoffe, Aldehyd und Wasser.

Die Eigenschaften des reinen Aethers geben die Mittel zu seiner Prüfung auf zufällige Beimischungen oder absichtlich zugesetzte Verfälschungen. Bei so bestimmt ausgesprochenen Eigenschaften ist eine eigentliche Verfälschung kaum möglich. Das specifische Gewicht entscheidet darüber mit Sicherheit. Ein absolut reiner Aether hat bei 15° 0,725 spec. Gew. Durch den geringsten Zusatz von Alkohol wird dieses sofort erhöhet. Bei der Prüfung ist jedoch zu berücksichtigen, daß nicht alle Pharmakopöen einen absolut reinen Aether verlangen, sondern einen geringen Gehalt an Alkohol gestatten. Die preußische Pharmakopöe verlangt völlig alkoholfreien Aether.

Der reine Aether verdampft, ohne irgend einen Rückstand zu hinterlassen. Bemerkt man daher nach dem Verdampfen einiger Tropfen auf der Hand oder in einem Schälchen einen Geruch, so war der Aether nicht frei von Zersetzungsproducten des Alkohols (Weinöl).

Sind diese beiden Bedingungen erfüllt, ist der Aether also ohne fremden Geruch und ist sein specifisches Gewicht richtig, so sind alle weiteren Prüfungen unnöthig. Man kann sich dann noch durch seine Löslichkeit in Wasser, von der Abwesenheit des Alkohols überzeugen. Man bringt zu dem Zweck in ein in Cubikcentimeter getheiltes Glasrohr 20 C.-C. Wasser und ebensoviel Aether, der auf dem Wasser schwimmt. Das Rohr wird mit einem Kork verschlossen und kräftig geschüttelt. Nach kurzer Zeit sammelt sich der Aether wieder über dem Wasser. Bei reinem Aether wird die Grenze zwischen Aether und Wasser dann bei 22 C.-C. liegen, weil 20 C.-C. Wasser 2 C.-C. Aether lösen. Liegt die Grenze höher, oder ist gar eine gänzliche Lösung des Aethers im Wasser eingetreten, so deutet dieses auf einen zu hohen Alkoholgehalt. Aus einer Mischung von 1 Th. Aether und 3 Th. Alkohol wird, nach Mohr, durch Wasser noch etwas Aether abgeschieden; 1 Th. Aether und 4 Th. Alkohol lösen sich jedoch in Wasser.

Eine Mischung von Aether und Alkohol in bestimmten Verhältnissen sind die Hoffmanns-Tropfen, Spiritus aethereus, Liquor anodinus Hoffmanni. Sie bestehen aus 1 Th. Aether und 3 Th. Alkohol von 0,830 spec. Gew., das specifische Gewicht der Mischung soll 0,810 bis 0,815 sein.

Einen Wassergehalt des Aethers kann man nach Bolley durch sein Verhalten gegen Gerbsäure — Tannin — nachweisen. In völlig wasserfreiem Aether bleibt Gerbsäure völlig unverändert, gelblichweiß und pulvrig. Enthält der Aether aber nur ½ Proc. Wasser, so ballt die Gerbsäure sich zusammen, bei 1 Proc. Wasser zerfließt sie zu einer dicken syrupartigen Flüssigkeit.

Zusammensetzung und Constitution des Aethers. Die Analyse weist nach, daß der Aether aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehe, und zwar daß er diese Elemente in dem durch die Formel $C_4 H_5 O$ ausdrückbaren Verhältniß enthalte.

Der Aether unterscheidet sich daher vom Alkohol dadurch, daß er 1 Aeq. Wasser weniger enthält als dieser. Die Formel des Alkohols ist $C_4 H_6 O_2$; zieht man von dieser 1 Aeq. Wasser, HO, ab, so bleibt $C_4 H_5 O$ über, also die Formel, welche durch die Analyse für die Zusammensetzung des Aethers gegeben wird. Die Zusammensetzung, welche man aus der Analyse ableiten kann, giebt aber stets nur das quantitative Verhältniß an, in welchem die einzelnen Elemente verbunden sind, ohne aber die Gruppirung der Atome näher zu bezeichnen. Diese

muß aus den übrigen Eigenschaften des fraglichen Körpers entwickelt werden.

Die erste Ansicht über die Constitution des Aethers wurde von Dumas aufgestellt. Er hielt den Aether für das erste Hydrat des ölbildenden Gases, denn $C_4H_4 + HO = C_4H_5O$. Der Alkohol war dann das zweite Hydrat $C_4H_4 + 2HO = C_4H_6O_2$. Obgleich es Berthelot in neuerer Zeit gelungen ist, durch Zusammenbringen von ölbildendem Gase und Wasser Alkohol zu bilden, so ist diese Theorie doch verlassen, da sie sehr wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Berzelius erklärte den Aether für das Oxyd eines zusammengesetzten Körpers und nannte diesen Aethyl. Er nahm an, das Aethyl, $\underbrace{C_4H_5}$, verhalte sich wie ein zusammengesetztes Element und könne die Rolle eines einfachen Körpers spielen, indem es sich ähnlich wie die Metalle mit Sauerstoff, Chlor, Jod und anderen Körpern verbinde.

Diese zusammengesetzten Elemente nannte Berzelius Radicale und bezeichnete das Aethyl C_4H_5 durch Ae. Wir haben demnach:

Ae — Aethyl	K — Kalium,
AeO — Aethyloxyd (Aether)	KO — Kali,
AeO . HO — Aethyloxydhydrat (Alkohol)	KO . HO — Kalihydrat,
AeCl — Chloräthyl	KCl — Chlorkalium,
AeS — Schwefeläthyl	KS — Schwefelkalium,
AeO . $C_4H_3O_3$ — essigsaures Aethyloxyd (Essigäther)	KO . $C_4H_3O_3$ — essigsaures Kali,
AeO . NO_5 — salpetersaures Aethyloxyd	KO . NO_5 — salpetersaures Kali.

Das Aethyl müßte sich demnach gerade wie jedes Metall der anorganischen Chemie verhalten. Es zeigen sich jedoch manche nicht unwesentliche Verschiedenheiten, die namentlich in den Verbindungen bemerklich werden. Das Aethyloxyd, der Aether, verbindet sich nur mit einzelnen Säuren direct; aus diesen Verbindungen kann, wie es bei allen Salzen der Fall ist, nicht die schwächere Säure durch eine stärkere ausgetrieben werden; im Chloräthyl läßt sich durch salpetersaures Silber kein Chlor nachweisen. Durch Zersetzung mit Alkalien in der Wärme wird aus dem essigsauren Aethyloxyd (Essigsäureäther) kein Aether, sondern Alkohol abgeschieden. Erhitzt man Benzoesäureäther mit wasserfreiem Baryt 5 Stunden lang auf 150 bis 180°, so wird kein Aether frei, es entsteht essigsaurer Baryt und eine Verbindung, die bei 100° nicht flüchtig ist, auf Zusatz von Wasser aber Alkohol liefert (Berthelot und Fleurieu). Scheidet man daher das Aethyl aus seinen Verbindungen ab, so erhält man keinen Aethyloxydäther, sondern Aethyloxydhydrat = Alkohol, offenbar weil das Aethyloxyd C_4H_5O als solches nicht existiren kann. Daher ist es auch richtiger, die zusammengesetzten Aether, z. B. den Essigsäureäther vom Alkohol abzuleiten und anzunehmen, in diesen Verbindungen sei 1 Aeq. Wasserstoff des Alkohols durch 1 Aeq. eines Säureradicals vertreten.

Die rationelle Zusammensetzung des Aethers kann daher nicht C_4H_5O sein. Ein anderer Beweis, der entschieden gegen diese Formel spricht, beruht auf dem Verhalten seines Dampfvolumens. Alle organischen Verbindungen nehmen, wenn sie in Dampf verwandelt werden, ein vierfach so großes Volumen als ein Aequivalent Sauerstoff ein. Der Aether, C_4H_5O, macht hiervon eine Ausnahme; verwandelt man ein Aequivalent desselben, also 37 Gewichtstheile, in Dampf, so ist der Raum, welchen derselbe bei 100° erfüllt, nur doppelt so groß, wie das Volumen von 8 Gewichtstheilen Sauerstoff bei derselben Temperatur. Verdoppelt man aber das Aequivalent des Aethers und nimmt für ihn die Formel $C_8H_{10}O_2$ oder $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$ an, so tritt dasselbe Verhalten wie bei anderen organischen Körpern ein.

Wenn man sich die Zusammensetzung des Alkohols durch die Formel $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2$ ausgedrückt denkt, so kann man die Bildung des Aethers, wie oben erwähnt, auf folgende Weise darstellen:

$$2\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_4\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aether}} + \underbrace{2HO}_{\text{Wasser.}}$$

Daß eine solche Aetherbildung wirklich stattfinden könne, ist von Williamson nachgewiesen worden. Er behandelte nämlich wasserfreien Alkohol mit Kalium oder Natrium, es fand dabei eine Entwicklung von Wasserstoff Statt, und er erhielt einen Alkohol, welcher statt des einen Aequivalents Wasserstoff Kalium oder Natrium enthielt, denn:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} + \underbrace{K}_{\text{Kalium}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\K\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Kaliumalkohol}} + \underbrace{H}_{\text{Wasserstoff.}}$$

Bringt man den Kaliumalkohol oder das Kaliumäthylat mit Jodäthyl zusammen, so verbindet sich das Kalium mit dem Jod und das Aethyl nimmt dessen Stelle ein:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\K\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Kaliumäthylat}} + \underbrace{C_4H_5J}_{\text{Jodäthyl}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aether}} + \underbrace{KJ}_{\text{Jodkalium.}}$$

Daß die Formel des Aethers wirklich auf diese Weise geschrieben werden muß, und nicht durch $2C_4H_5O$ ausgedrückt werden kann, geht daraus hervor, daß man ein ähnliches Product erhält, wenn man das Kaliumäthylat mit der Jodverbindung eines anderen Radicals zusammenbringt, denn:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\K\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Kaliumäthylat}} + \underbrace{C_{10}H_{11}J}_{\text{Jodamyl}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_{10}H_{11}\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethylamyläther}} + \underbrace{KJ}_{\text{Jodkalium.}}$$

Wäre der so erhaltene Aether keine chemische Verbindung, sondern ein Gemisch von Aethyläther C_4H_5O und Amyläther $C_{10}H_{11}O$, so würde man beide leicht von einander trennen können. Dieses ist aber nicht möglich, sie destilliren unverändert zusammen über, sie haben in diesem Zustande einen ganz gleichen Siedpunkt und verhalten sich unter allen Bedingungen wie eine chemische Verbindung, obgleich die Siedpunkte der beiden verschiedenen Aether weit von einander entfernt liegen. Man muß daher den Aether als einen Alkohol betrachten, in dem 1 Aeq. Wasserstoff durch 1 Aeq. Aethyl vertreten ist.

Das Aethyl selbst, dessen Existenz Berzelius schon vor langer Zeit voraussagte, ist uns lange unbekannt geblieben, erst 1849 ist es von Frankland entdeckt worden. Er schmolz Jodäthyl und Zink zusammen in eine starke Glasröhre ein, erhitzte diese längere Zeit auf 150° und erhielt dann beim Oeffnen des Rohrs neben anderen Kohlenwasserstoffen (Methyl und Elayl) ein Gas, welches die Zusammensetzung C_4H_5 hatte; unter starkem Druck und durch Anwendung von Kälte sind diese Gase in eine Flüssigkeit zu verwandeln, von der beim Sieden zuerst das Elayl und Methyl verdampft, so daß man das Aethyl auf diese Weise von den Beimengungen, die wohl nur secundäre Zersetzungsproducte sind, befreien kann. Frei von anderen Beimengungen kann man das Aethyl auch erhalten, indem man Jodäthyl auf Natriumamalgam in der Kälte wirken läßt. Es entsteht dabei Aethyl und Jodnatrium.

Das so dargestellte Aethyl vereinigt sich aber weder mit Chlor, Jod noch Sauerstoff und verhält sich ganz dem Aether analog. Auch seine Formel ist daher zu verdoppeln. Seine Bildung würde dann in zwei Stadien geschehen; zuerst würde 1 Aeq. Jodäthyl mit 2 Aeq. Zink in Wechselwirkung treten und 1 Aeq. Zinkäthyl — eine bekannte Verbindung — und 1 Aeq. Jodzink entstehen. Das Zinkäthyl würde dann durch ein zweites Aeq. Jodäthyl in Aethyläthyl und Jodzink zersetzt werden, nach folgender Formel:

$$\underbrace{C_4H_5J}_{\text{Jodäthyl}} + \underbrace{2Zn}_{\text{Zink}} = \underbrace{C_4H_5Zn}_{\text{Zinkäthyl}} + \underbrace{ZnJ}_{\text{Jodzink}}$$

und

$$\underbrace{C_5H_5Zn}_{\text{Zinkäthyl}} + \underbrace{C_4H_5J}_{\text{Jodäthyl}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}}_{\text{Aethyläthyl}} + \underbrace{ZnJ}_{\text{Jodzink.}}$$

Führt man Alkohol, Aether und Aethyl auf die einfachsten Typen zurück, mit denen man sie vergleichen kann, so haben wir für Alkohol und Aether den Typus von 2 Wasser, in denen resp. 1 oder 2 Aeq. Wasserstoff durch Aethyl vertreten sind; das Aethyl läßt sich mit 2 Aeq. Wasserstoff vergleichen, in denen beide Aequivalente durch Aethyl ersetzt sind, denn:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Typus Wasser}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aether}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Typus Wasserstoff}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}}_{\text{Aethyläthyl.}}$$

Die Verbindungen sind dann, sofern sie Sauerstoff enthalten, auf den Typus Wasser, die sauerstofffreien auf den Typus Wasserstoff zurückzuführen. Denn:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Typus Wasser}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Essigsäure}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Essigsäureäthyläther}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Typus Wasserstoff}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\J\end{matrix}\right\}}_{\text{Jodäthyl.}}$$

Die Aetherschwefelsäure ist von der zweibasischen Schwefelsäure abzuleiten und mit ihr auf den verdoppelten Typus Wasser zurückzuführen:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Typus Wasser}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Aetherschwefelsäure.}}$$

Die Verbindung S_2O_4 der Schwefelsäure ist äquivalent mit H_2.

Nach dem bisher Gesagten ist die Theorie der Aetherbildung, die früher sehr dunkel war, leicht verständlich. Berzelius und Mitscherlich studirten die Aetherbildung vielfach, ohne indessen zu einem Resultate zu kommen; sie sagten, der Alkohol wird von der Schwefelsäure in Aether und Wasser zerlegt, ohne daß die Schwefelsäure dabei chemisch thätig mitwirkt. Die Schwefelsäure wirkt nach ihnen durch den Contact, oder durch die katalytische Kraft, d. h. auf dieselbe Weise wie das Ferment auf den Zucker, die Diastase auf die Stärke, das Gold und Silber auf das Wasserstoffsuperoxyd, der Braunstein auf das chlorsaure Kali. Durch diese Erklärung wurde kein Licht auf den Proceß geworfen, die Wissenschaft war dadurch um nichts weitergerückt, denn es ist ebenso gut einzugestehen, daß wir bei dem heutigen Stande der Wissenschaft nicht erklären können, wie es zugeht, daß Zucker durch Ferment in Alkohol und Kohlensäure zerfällt, daß Stärke durch Diastase zuerst in Dextrin und dann in Zucker verwandelt wird, daß metallisches Gold und Silber das Wasserstoffsuperoxyd in Sauerstoff und Wasser zerlegen, daß chlorsaures Kali in Berührung mit Braunstein schon bei geringem Erhitzen in Chlorkalium und Sauerstoff zerfällt — als wenn wir behaupten, dieses geschehe durch den Contact.

Liebig stellte zuerst eine Theorie auf, welche auf chemischen Grundsätzen basirt war. Nach ihm entsteht der Aether durch Zersetzung der Aetherschwefelsäure. Diese Verbindung bildet sich, wenn man Alkohol und Schwefelsäure zusammen erwärmt. Ihre Zusammensetzung wird — wenn man die Schwefelsäure nach der früheren Theorie als einbasische Säure betrachtet — durch die Formel $C_4H_5O\,.\,SO_3 + HO\,.\,SO_3$ oder $C_4H_6O_2\,.\,2SO_3$ ausgedrückt. Sie zerfällt beim Erhitzen in Aether und Schwefelsäure. Das eine Aequivalent der Schwefelsäure tritt im wasserfreien Zustande aus, es findet aber in der Flüssigkeit hinreichende Mengen Wasser vor, um sich sofort wieder damit vereinigen zu können, denn bei der Verbindung der Schwefelsäure mit dem Alkohol werden 2 Aeq. Wasser frei, nach der Formel:

$$\underbrace{C_4H_6O_2}_{\text{Alkohol}} + \underbrace{2HO.SO_3}_{\text{Schwefelsäure}} = \underbrace{C_4H_6O_2.2SO_3}_{\text{Aetherschwefelsäure}} + \underbrace{2HO}_{\text{Wasser.}}$$

Bei der Destillation dunstete dann die Hälfte des freigewordenen Wassers in dem Aethergase ab, während die andere Hälfte wieder als Hydratwasser in die Schwefelsäure eintrat. Sobald neuer Alkohol hinzukam, bildete sich eine neue Menge Aetherschwefelsäure, indem die Flüssigkeit sich an den Berührungsstellen so weit abkühlte, daß diese Säure entstehen konnte; sie wurde aber, sobald die Temperatur wieder hinreichend stieg, sofort zersetzt.

Es fand daher ein ununterbrochener Kreislauf Statt, der Alkohol bildete Aetherschwefelsäure und Wasser, die erstere zerfiel in Aether und Schwefelsäure, diese bildete wiederum die neue Säure u. s. f. Diese Erklärung hat viel Wahrscheinliches. Sie brauchte daher von Williamson nur wenig modificirt zu werden, und wurde erst ganz verständlich, als man die Schwefelsäure als zweibasische Säure erkannte.

Nach Williamson hat die Aetherschwefelsäure die Formel $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2 . 2SO_3$ und entsteht auf die gewöhnliche Weise, indem Alkohol mit Schwefelsäurehydrat zusammenkommt unter Abscheidung von Wasser, welches einen Theil der übrigen Schwefelsäure, die sich in der Mischung befindet, so weit verdünnt, daß es bei einer Temperatur von 125 bis 140° daraus abdunsten kann. Bringt man nun die Aetherschwefelsäure mit Weingeist bei dieser Temperatur zusammen, so wird das eine Aequivalent Wasserstoff durch Aethyl vertreten, während zwei Aequivalente Schwefelsäurehydrat austreten und sich mit neuem Alkohol wieder zu Aetherschwefelsäure verbinden, nach der Formel:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2.2SO_3}_{\text{Aetherschwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aether}} + \underbrace{2HO . SO_3}_{\text{Schwefelsäure.}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} + \underbrace{2HO.SO_3}_{\text{Schwefelsäure}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2.2SO_3}_{\text{Aetherschwefelsäure}} + \underbrace{2HO}_{\text{Wasser.}}$$

Betrachtet man die Schwefelsäure als zweibasische Säure, so wird zunächst die Aetherschwefelsäure gebildet, indem 1 Aeq. Wasserstoff der Schwefelsäure durch 1 Aeq. Aethyl des Alkohols vertreten wird; der ausgeschiedene Wasserstoff nimmt die Stelle des Aethyls im Alkohol ein, so daß Schwefelsäure und Alkohol sich in Aetherschwefelsäure und 2 Aeq. Wasser zersetzen. Die Aetherschwefelsäure zersetzt sich dann sofort mit einem zweiten Aequivalent Alkohol unter einfacher Umlagerung ihrer Moleküle in Aether und Schwefelsäure. Der Aether und das bei der ersten Reaction frei gewordene Wasser verdunsten und die wiedergebildete Schwefelsäure kann von Neuem Alkohol zersetzen. Die Bildung kann durch die oben schon angeführten Formeln, die hier der Deutlichkeit halber wiederholt werden mögen, ausgedrückt werden:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Aetherschwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Wasser.}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Aetherschwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aether.}}$$

$$\text{Typus } \left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4 \qquad \text{Typus } \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2 \qquad \text{Typus } \left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4 \qquad \text{Typus } \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2$$

Graham wies nach, daß die Aetherschwefelsäure, wenn man sie mit Wasser in geschlossenen Röhren auf 140° erhitze, keinen Aether, sondern Alkohol liefere. Als er aber 1 Vol. Schwefelsäure mit 8 Vol. Alkohol auf dieselbe Weise einer Temperatur von 140° aussetzte, fand er, daß die geringe Menge Schwefelsäure hinreichend sei, um den ganzen Alkohol in Aether zu verwandeln. Er glaubte damals, in diesem Versuche eine Stütze der Contacttheorie gefunden zu haben. Es geht aber daraus hervor, daß bei Anwendung eines so hohen Druckes die Zersetzung des Alkohols durch die Aetherschwefelsäure dennoch stattfindet, wenngleich das dabei freiwerdende Wasser nicht verdampfen kann.

Die Bildung des Aethers aus Alkohol und Schwefelsäure ist wohl auf diese Weise vollständig erklärt. Der Aether entsteht aber auch noch durch andere Körper, nämlich durch Einwirkung mancher Chlor- und Fluorverbindungen auf den Alkohol. Dieses Verhalten, sowie der ganze Aetherbildungsproceß, ist von Reynoso näher studirt worden. Er fand, daß, wenn man ein gleiches Gewicht Manganchlorür und Alkohol in eine Glasröhre einschmilzt und diese 7 bis 8 Stunden bis auf 240° erhitzt, der Alkohol vollständig in Aether verwandelt werde. Chlorkobalt ätherificirt den Alkohol bei derselben Temperatur, aber nicht so vollständig, wie das vorhergehende Salz, ohne dabei zersetzt zu werden. Chlornickel verhält sich ebenso, es scheidet sich aber ein grünlichgelbes basisches Chlorid ab. Chlorcadmium verhält sich wie Chlorkobalt. Eisenchlorür zersetzt den Alkohol ebenfalls vollständig, beim Oeffnen der Röhre entwickelt sich indessen eine geringe Menge Gas, ein Beweis, daß außer der Bildung des Aethers noch ein anderer Proceß stattgefunden hat. Krystallisirtes Zinnchlorür verwandelt den Alkohol bei 240° vollständig in Aether, die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit ist nach Beendigung des Versuchs in zwei Schichten getheilt, wovon die obere klar ist und aus Aether besteht, während die untere milchig ist; beim Oeffnen der Röhre entweicht Gas und das Zinnchlorür ist theilweise zersetzt. Nur sehr geringe Mengen von Aether werden durch Kupferchlorür und Quecksilberchlorid gebildet.

Reynoso glaubt dieses dadurch erklären zu können, daß bei der hohen Temperatur und dem starken Drucke etwas Salzsäure durch Zersetzung der Salze durch den Alkohol oder durch das Wasser entstehe. Diese wirkt bei gewöhnlicher Temperatur so auf den Alkohol, daß sich Chloräthyl und Wasser bildet. Das Chloräthyl, sowie das Jod- und Brom-Aethyl verwandeln sich aber in Berührung mit Alkohol, nach Reynoso's Versuchen, bei 240° in Aether und die entsprechenden Wasserstoffsäuren; die letzteren verbinden sich dann wieder beim Erkalten mit dem Salz oder mit dem Metalloxyd, aus welchem sie ausgetreten sind. Eine sehr kleine Menge Chloräthyl ist im Stande, eine große Menge Alkohol in Aether zu verwandeln, indem die nach Abscheidung des Aethers frei werdende Salzsäure dann von Neuem zur Bildung von Chloräthyl dient. Dieses verwandelt eine zweite Menge Alkohol in Aether und so fort, bis bei hinreichend langer Behandlung aller Alkohol zersetzt ist. Man muß daher wohl annehmen, daß das Chloräthyl für einen Augenblick bei der Temperatur bestehen könne, bei welcher es schon wieder zersetzt wird, denn sonst müßte die Einwirkung der Chlorwasserstoffsäure auf eine höchst geringe Menge Alkohol beschränkt sein. Reynoso führt zwar an, die Säuren seien selbst im Stande, die

Verwandlung des Aethers zu bewirken; dieses ist aber wohl nicht anzunehmen, da es nicht möglich ist, Alkohol und Chlorwasserstoffsäure auf 240° zusammen zu erhitzen, da sich bei niedrigerer Temperatur schon Chloräthyl bildet. Dieses muß also unter allen Umständen die Zersetzung einleiten.

Ein ganz ähnliches Verhalten zeigen die Schwefelsäure und die schwefelsauren Salze. Man nahm früher allgemein an, die Aetherschwefelsäure könne sich nur aus concentrirter Schwefelsäure und Alkohol bilden; Reynoso fand aber, daß stets Aether gebildet werde, wenn man Alkohol mit Schwefelsäure, deren Gehalt von der concentrirtesten Säure bis zu ½ Proc. variiren kann, auf 100 bis 200° erhitzt. Die Temperatur muß dabei um so höher und die Dauer um so viel länger sein, je verdünnter die Säure ist. Bei einem bedeutenden Ueberschuß von Alkohol bildet sich dabei nur Aether und Aetherschwefelsäure. Ist aber verhältnißmäßig viel Schwefelsäure zugegen und wird die Flüssigkeit höher erwärmt, so entsteht durch eine weitere Zersetzung ölbildendes Gas und andere Producte. In der bei weitem größten Anzahl der Versuche, wo Schwefelsäure und Alkohol zur Einwirkung gebracht wurden, fand sich Aetherschwefelsäure in größerer oder geringerer Menge.

Die schwefelsauren Salze verhalten sich ähnlich wie die Chloride.

Die Salze, welche die Schwefelsäure am festesten gebunden enthalten, bilden geringe Mengen Aether. Dahin gehören die schwefelsaure Magnesia, das schwefelsaure Eisenoxydul, Zinkoxyd, Cadmiumoxyd und das schwefelsaure Kobaltoxyd. Das schwefelsaure Uranoxyd bildet eine große Menge Aether. Das Nickel- und Kupfersalz bilden Aether, werden dabei aber zersetzt. Die schwefelsaure Thonerde und ihre Doppelsalze ätherificiren den Alkohol bei 200° vollständig, ohne daß dabei eine Gasentwicklung stattfindet, dabei scheiden sich nur sehr geringe Mengen basischen Salzes ab. In höherer Temperatur — bei 240° — geht die Zersetzung weiter, so daß beim Oeffnen der Röhre Gas ausströmt. Die schwefelsauren Alkalien ergeben kein bestimmtes Resultat. Das schwefelsaure Eisenoxyd und der Eisenalaun, welche die Säure nur sehr lose gebunden enthalten, ätherificiren den Alkohol bei 240° vollständig, doch bei letzterem unter Bildung einer solchen Menge Gas, daß beim Oeffnen der Röhre eine starke Explosion entsteht.

Reynoso erklärt den Vorgang hier auf dieselbe Weise wie bei den Chloriden. Durch die Einwirkung des Wassers oder des Alkohols auf das neutrale Salz bei der Temperatur, bei welcher die Aetherbildung vor sich geht, kann eine kleine Menge Schwefelsäure frei werden, die dann Aetherschwefelsäure bildet, welche durch Einwirkung auf den Alkohol Aether und wiederum freie Schwefelsäure giebt. Bei dem Erkalten tritt die Schwefelsäure dem basischen Salz, das bei ihrer Ausscheidung entstanden, wieder zu, wenn nicht dieses basische Salz selbst in der Hitze seine Löslichkeit in Säuren verloren hat.

Die **Aetherschwefelsäure** (Schwefelweinsäure, Weinschwefelsäure, Aethyloxydschwefelsäure) bildet, wie wir oben gesehen haben, den Uebergang vom Alkohol zum Aether. Sie hatte früher nur wissenschaftliches Interesse, in neuerer Zeit hat man sie aber, und namentlich ihre Salze, vielfach im Großen zur Gewinnung verschiedener Aetherarten gebraucht.

Man stellt die Aetherschwefelsäure dar, indem man gleiche Theile möglichst starken Alkohol und Schwefelsäure mischt, dieses allmälig bis auf 100° erwärmt, nach 24 Stunden mit Wasser vermischt und mit Kreide oder Bleiweiß neutralisirt. Man hat dann ein lösliches ätherschwefelsaures Salz und unlöslichen schwefelsauren Kalk oder schwefelsaures Blei. Beide werden durch Filtration getrennt und das lösliche Salz im Wasserbade vorsichtig zur Krystallisation verdampft. Zur Darstellung der reinen Säure eignet sich das Bleisalz am besten, man verdampft es bis zu einem bestimmten Punkte, zersetzt die Lösung durch Schwefelwasserstoff, filtrirt die Säure von dem Schwefelblei ab und verdampft sie im luftleeren Raume über Schwefelsäure oder Chlorcalcium. Sie bildet dann eine syrupdicke Flüssigkeit von sehr saurem Geschmack und von 1,315 bis 1,317 spec. Gew. Ihre Zusammensetzung wird durch die Formel: $\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_4$ oder $C_4H_5O.SO_3 + HO.SO_3$ ausgedrückt. Das eine Aeq. Wasserstoff oder das eine Aeq. Wasser, welches sie enthält, kann durch 1 Aeq. Metall oder 1 Aeq. Metalloxyd vertreten werden, und sie bildet damit neutrale Salze von der Formel: $\left.\begin{matrix}S_2O_4\\R\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_4$ oder $C_4H_5O.SO_3 + RO.SO_3$ worin R und RO 1 Aeq. Metall oder Metalloxyd bezeichnet. Nach der zweiten Formel hat die Aetherschwefelsäure dieselbe Zusammensetzung wie die sauren schwefelsauren Salze. Daß aber die Aetherschwefelsäure nicht aus zwei Atomgruppen, von denen die eine schwefelsaures Aethyloxyd, die andere Schwefelsäurehydrat ist, besteht, geht daraus hervor, daß die Aetherschwefelsäure sich als solche mit Bleioxyd, Baryt, Kalk zu löslichen Salzen verbindet. Enthielte sie die Atomgruppe Schwefelsäurehydrat, so müßte sie durch Baryt in unlöslichen schwefelsauren Baryt und schwefelsaures Aethyloxyd, oder in schwefelsauren Baryt und Aether verwandelt werden, was aber nicht geschieht.

Die Säure ist sehr leicht zersetzbar, sie zerfällt beim Erwärmen mit Wasser in Alkohol und Schwefelsäure, zwischen 125 und 140° mit Alkohol in Aether und Schwefelsäure. Ihre Salze sind dagegen beständig. Das wichtigste derselben ist das ätherschwefelsaure Kali — $\left.\begin{matrix}S_2O_4\\K\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_4$ oder $C_4H_5O.KO + 2\,SO_3$ —. Man stellt es am leichtesten dar, wenn man die Mischung der Schwefelsäure mit Weingeist nur mäßig verdünnt und allmälig kohlensaures Kali hinzufügt, bis die Säure gesättigt ist. Man läßt es dann eine Zeit lang stehen. Das gebildete schwefelsaure Kali wird größtentheils gleich als pulverförmiges Krystallmehl ausgeschieden, da es in Wasser nicht so leicht löslich ist wie die ätherschwefelsaure Verbindung; nach einiger Zeit ist noch eine Partie dieses Salzes auskrystallisirt, man filtrirt darauf durch ein leinenes Tuch, preßt aus und spült das schwefelsaure

Kali mit sehr wenig eiskaltem Wasser ab, um eine möglichst große Menge des anderen Salzes zu erhalten. Die Lösung wird in einer Porzellanschale im Wasserbade verdampft, dabei scheidet sich noch etwas schwefelsaures Kali aus, man gießt die übrige Lösung von diesem ab und läßt sie entweder krystallisiren oder verdampft sie zur Trockne. Für alle Verwendungen im Laboratorium ist es am vortheilhaftesten, die Flüssigkeit im Wasserbade zur Trockne zu verdunsten, da man dann keine Mutterlaugen erhält, welche schwer zu verwerthen sind, und da es bei der Darstellung der verschiedenen Aetherarten durchaus nicht darauf ankommt, daß das Salz absolut rein sei; ein geringer Gehalt von schwefelsaurem Kali schadet dabei gar nichts. Man kann daher zur Neutralisation der Säure gewöhnliche Potasche anwenden.

Das **Chloräthyl** C_4H_5Cl entsteht durch Einwirkung von Salzsäure auf Alkohol. Man destillirt zu seiner Bereitung 5 Th. Alkohol mit 5 Th. Kochsalz und 9 Th. Schwefelsäure. Das Destillat wird abgekühlt, das Kühlrohr reicht bis auf den Boden einer Flasche, die Wasser von 25° Wärme enthält. Hier wird der unzersetzte Alkohol zurückgehalten, während das Chloräthyl gasförmig entweicht. Man läßt es dann durch einen Apparat gehen, der in einer Kältemischung ruht, und schmilzt nach Beendigung der Operation die Oeffnungen desselben, während er noch in der Kältemischung befindlich ist, mit dem Löthrohr zu. Das Chloräthyl ist eine farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruch, es siedet bei + 12° und erstarrt noch nicht bei einer Temperatur von — 29°.

In den Pharmakopöen finden sich unter dem Namen Spiritus muriatico-aethereus verschiedene Vorschriften zur Darstellung eines Präparats, welches man dem Namen nach für ein Chloräthyl halten könnte. Zur Darstellung desselben soll Alkohol mit Salzsäure und Braunstein oder mit Schwefelsäure, Kochsalz und Braunstein destillirt werden. Es entsteht dabei kein Chloräthyl, sondern eine Reihe von Substitutionsproducten des Alkohols, die je nach der Bereitung und der Dauer des Processes in verschiedenen Quantitäten darin vorkommen. Läßt man absoluten Alkohol mit Chlorgas zusammentreten, so findet zuerst eine Orydation Statt, es bildet sich Aldehyd und Chlorwasserstoffsäure. Eine größere Menge Chlor wirkt wieder auf das Aldehyd, entzieht ihm einen Theil des Wasserstoffs, während Chlor an dessen Stelle tritt, bis dieses zuletzt in Chloral verwandelt ist.

Die Zersetzung geschieht nach folgenden Formeln:

$$\underbrace{C_4H_6O_2}_{\text{Alkohol}} + \underbrace{2Cl}_{\text{Chlor}} = \underbrace{C_4H_4O_2}_{\text{Aldehyd}} + \underbrace{2HCl}_{\text{Chlorwasserstoffsäure.}}$$

$$\underbrace{C_4H_4O_2}_{\text{Aldehyd}} + \underbrace{6Cl}_{\text{Chlor}} = \underbrace{C_4\left.\begin{matrix}H\\Cl_3\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Chloral}} + \underbrace{3HCl}_{\text{Chlorwasserstoffsäure.}}$$

Außer dem Chloral finden sich in dem Präparate die übrigen Verbindungen, welche zwischen dem Aldehyd und dem Chloral liegen und welche 1 oder 2 Aeq. Wasserstoff durch Chlor ersetzt enthalten. Durch Einwirkung der frei werdenden Salzsäure auf den Alkohol bildet sich Chloräthyl und diesem wird durch Chlor wieder ein Theil des Wasserstoffs entzogen. Endlich entsteht durch orydirende Wirkung des Chlors unter Wasserzersetzung aus dem Aldehyd ein Theil Essigsäure und diese verbindet sich mit dem Aethyl des Alkohols zu Essigäther, der ebenfalls Zersetzungen durch Chlor erleidet.

Die Zersetzung ist sehr complicirt. Man wird sehr verschiedene Producte erhalten, wenn man die Vorschriften abändert, und muß sich daher, wenn das Präparat für pharmaceutische Zwecke bestimmt ist, genau nach der Landespharmakopöe richten. Die preußische Pharmakopöe verlangt 16 Th. Kochsalz, 6 Th. Braunstein, 12 Th. Schwefelsäure und 48 Th. Alkohol von 0,810 spec. Gew. Man destillire, bis 42 Th. übergegangen sind, schüttele diese mit etwas Magnesia, um freie Salzsäure zu binden, und rectificire im Wasserbade. Die Flüssigkeit soll 0,810 bis 0,813 spec. Gew. haben. Nach der Hamburger Pharmakopöe werden 16 Th. Kochsalz mit 6 Th. Braunstein, 12 Th. Schwefelsäure und 48 Th. Alkohol von 0,840 spec. Gew. destillirt und der Proceß unterbrochen, sobald 36 Th. übergegangen sind. Sollte das Destillat sauer reagiren, so wird es mit gebrannter Magnesia geschüttelt und dann der Rectification unterworfen. Es hat ein specifisches Gewicht von 0,840 bis 0,850.

Das so erhaltene Präparat hat einen sehr angenehmen, aromatischen Geruch und wird daher unter dem Namen Salzäther manchmal als Zusatz zu verschiedenen Spirituosen benutzt.

Das **Jodäthyl** C_4H_5J ist in neuerer Zeit in der organischen Chemie vielfach in Anwendung gebracht worden. Es entsteht, indem man Alkohol auf Jod und Phosphor einwirken läßt. Es treten dabei 6 Aeq. Alkohol, 5 Aeq. Jod und 1 Aeq. Phosphor in Wechselwirkung und bilden 5 Aeq. Jodäthyl, 1 Aeq. Aetherphosphorsäure und 4 Aeq. Wasser, nach der Formel:

$$\underbrace{6C_4H_6O_2}_{\text{Alkohol}} + \underbrace{5J}_{\text{Jod}} + \underbrace{P}_{\text{Phosphor}} =$$

$$\underbrace{(C_4H_5O.2HO).PO_5}_{\text{Aetherphosphorsäure}} + \underbrace{5C_4H_5J}_{\text{Jodäthyl}} + \underbrace{4HO}_{\text{Wasser.}}$$

Man bedient sich dazu am besten des in Fig. 7 gezeichneten Apparates. Den Kolben *A* füllt man etwa zur Hälfte mit starkem Alkohol und fügt einige Stücke Phosphor hinzu, befestigt darauf mittelst eines Korkes den Theil *B*, der aus einem gewöhnlichen Stechheber oder einem Vorstoß, wie man ihn bei Destillationen anwendet, bestehen kann. In den unteren Theil von *B* thut man einige Stücke grob zerstoßenes Glas, giebt eine Schicht Jod darauf, läßt dann abwechselnd Glas und Jod folgen, bis eine hinreichende Menge Jod zugegen ist, und setzt endlich auf die obere Oeffnung die 4 Fuß lange und ½ Zoll weite Glasröhre *C*. Der Kolben wird in ein Wasserbad gebracht und so lange erwärmt, bis der Alkohol anfängt zu kochen. Die Dämpfe steigen in den oberen Theil des Apparates, werden dort verdichtet, lösen beim Herabfließen Jod auf und bringen dieses so in kleinen Quantitäten mit dem Phosphor in Berührung. Ein Theil des Alkohols wird dann sofort zersetzt unter Bildung der oben angegebenen Producte. Das Sieden

des Alkohols wird ununterbrochen fortgesetzt, so daß stets neue Mengen Jod gelöst und in den Kolben herabgebracht werden. Das so entstandene Jodäthyl verdampft mit dem Alkohol, die Röhre *C* ist aber so lang, daß sich durch die Abkühlung der Luft Alles wieder verdichtet, wenn die Flüssigkeit im ruhigen Sieden erhalten wird. Man unterbricht den Proceß, sobald alles Jod gelöst ist, läßt erkalten, verdünnt die Flüssigkeit mit ihrem doppelten Volum Wasser, entfernt den übrig bleibenden Phosphor und gießt die Lösung, aus der sich schon der größte Theil des Jodäthyls abgeschieden hat, in einen Destillationsapparat. Die Retorte wird in ein Wasserbad gesetzt und dieses bei einer Temperatur von 75° erhalten. Das Jodäthyl destillirt in Form einer schweren wasserhellen Flüssigkeit über und kann dann höchstens noch eine geringe Menge Alkohol enthalten, während die Aetherphosphorsäure in der Retorte zurückbleibt. Um den ersteren zu entfernen, schüttelt man es mit Wasser, worin das Jodäthyl nur sehr wenig löslich ist, gießt dann die leichte Flüssigkeit ab und entwässert das Jodäthyl durch eine Destillation über geschmolzenes Chlorcalcium.

Fig. 7.



Nach dieser Methode kann man in kurzer Zeit sehr große Mengen Jodäthyl darstellen, ohne irgend welche Vorsichtsmaßregel anwenden zu brauchen. Das Jod und der Phosphor reagiren sehr heftig auf einander, sobald sie in größeren Mengen zusammenkommen; der Alkohol würde sich dann so sehr erhitzen, daß ein großer Theil verloren ginge, daß selbst Explosionen entstehen könnten; dieses ist aber nach dem oben beschriebenen Verfahren, welches von Hofmann zuerst angewandt ist, nie zu befürchten, da die alkoholische Lösung, die selbst nur eine geringe Menge Jod enthält, nur tropfenweise mit dem Phosphor, und dann durch den ganzen Inhalt des Kolbens verdünnt, in Berührung kommt. Auch findet die Bildung des amorphen Phosphors, welche bei anderen Bereitungsmethoden stets auftritt, hier nie oder doch nur spurenweise Statt. Man kann den Apparat stundenlang sich selbst überlassen, ohne nachsehen zu müssen.

Nach einer neueren Methode von Hofmann bringt man den Phosphor in eine mit einem guten Kühlapparat verbundene tubulirte Retorte und übergießt ihn darin mit etwa $^1/_4$ des anzuwendenden Alkohols. In dem Tubulus ist eine mit Hahn und Ausflußröhre versehene Glaskugel befestigt, in welche man den Rest des Alkohols, welcher mit Jod gesättigt, bringt; man erhitzt die Retorte im Wasserbade, bis zum Schmelzen des Phosphors und läßt dann die Jodlösung allmälig in die Retorte einfließen, wo augenblicklich Einwirkung erfolgt und Jodäthyl mit Alkohol überdestillirt; in dem Destillat löst man den Rest des anzuwendenden Jods und läßt diese Lösung wieder allmälig in die Retorte einfließen. Für die Darstellung größerer Mengen Jodäthyl ist es vortheilhaft, die ganze Menge des zu verarbeitenden Alkohols gleich Anfangs zu dem Phosphor in die Retorte zu geben und das Jod in früher bereitetem Jodäthyl gelöst zufließen zu lassen. Gute Verhältnisse sind: 1000 Grm. Jod, 700 Grm. Alkohol von 0,84 spec. Gew., 50 Grm. Phosphor.

Das Jodäthyl ist eine farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruch. Es siedet nach Frankland bei 72,2° und hat 1,946 spec. Gew. In Wasser ist es sehr schwer, in Alkohol leicht löslich.

Der **Salpetrigsäureäther** $C_4H_5O . NO_3$ oder $\left.\begin{matrix} NO_2 \\ C_4H_5 \end{matrix}\right\} O_2$ oder Salpeteräther wurde schon im Jahre 1681 von Kunkel entdeckt; er erhielt ihn, indem er Alkohol mit Salpetersäure destillirte, und nannte ihn Salpeternaphta. Man stellt ihn in reinem Zustande am leichtesten nach der von Kopp angegebenen Methode dar. Diese besteht darin, daß man gleiche Raumtheile Alkohol und gewöhnliche Salpetersäure mit Kupferdrehspänen in einen Destillationsapparat bringt. Dieser ist so eingerichtet, daß die Dämpfe zuerst durch eine Flasche, welche mit Wasser von 25° gefüllt ist, gehen, dann durch ein Chlorcalciumrohr passiren und endlich in einer mit Schnee und Kochsalz umgebenen Vorlage verdichtet werden. Die Salpetersäure wird zuerst durch das Kupfer zersetzt, dabei entwickelt sich salpetrige Säure, die aus dem Alkohol 1 Aeq. Wasser ausscheidet und sich dann mit dem Aethyloxyd verbindet. Es wird dabei eine so beträchtliche Menge Wärme frei, daß der Proceß nur gegen das Ende durch äußere Erwärmung unterstützt zu werden braucht. In der Vorlage findet sich dann eine hellgelbe, nach Aepfeln riechende und schmeckende Flüssigkeit, die 0,947 spec. Gew. bei 15° hat. Der Siedpunkt des Salpetrigsäureäthers liegt nach Liebig bei 16,4°, nach Thenard bei 21°. Er kann daher nur durch beträchtliche Abkühlung condensirt und muß in zugeschmolzenen Glasröhren aufbewahrt werden.

Ein anderes Verfahren wurde von Black angegeben und ist von Berzelius empfohlen worden. Er beschreibt es folgendermaßen: In eine cylindrische Flasche gießt man 9 Th. Weingeist von 0,830 spec. Gew.; vermittelst eines langen, bis auf den Boden der Flasche reichenden Trichters mit sehr feiner Oeffnung läßt man dann 4 Th. destillirtes Wasser unter den Alkohol fließen, mit der Vorsicht, daß sie sich nicht vermischen, und gießt darauf mit derselben Vorsicht unter das Wasser 8 Th. concentrirte rauchende Salpetersäure, so daß die Flasche nun drei Schichten enthält, von denen die unterste Säure, die mittlere Wasser und die obere Alkohol ist. Die Flasche muß damit bis zu $^4/_5$ angefüllt und muß wenigstens dreimal so hoch als weit sein, wenn nicht die Wasserschicht zu dünn werden soll. Die Flasche wird an einen temperirten Ort gestellt, dessen Temperatur nicht 15° überschreiten darf, und so, daß sie nicht von der Stelle genommen zu werden braucht, nachdem die Flüssigkeiten eingefüllt sind. Die Oeffnung der Flasche wird mit einem Kork verschlossen, durch den eine feine Röhre geht, die bis auf den Boden einer schmalen, zur Hälfte mit Weingeist gefüllten Flasche reicht. Säure und Alkohol begegnen sich allmälig im Wasser, welches sich

Anfangs gelinde trübt, blau, dann grün und zuletzt farblos wird. Es stellt sich eine schwache Gasentwicklung ein, die von einem eigenen klingenden Laut begleitet ist. Anfangs entwickelt sich Kohlensäuregas, darauf folgt Stickstoffgas, dessen Menge allmälig zunimmt, während die Kohlensäure sich stets verringert, ohne aber ganz aufzuhören. Die Flüssigkeiten vermischen sich nach und nach, so daß die Wasserschicht immer weiter herunterkommt; zuletzt bleiben nur zwei Schichten übrig, von denen die obere schwach gelb gefärbt und Salpetrigsäureäther ist, während die untere farblos und sauer ist. Zu Ende der Aetherbildung entwickelt sich außer den schon genannten Gasen auch noch eine geringe Menge Stickoxydulgas. Die Menge der Gase ist nicht groß, sie entweichen aber mit Aetherdampf gesättigt, weshalb man sie durch den Alkohol leitet. Dieser absorbirt den Aether und kann dann das nächste Mal statt reinen Weingeistes angewandt werden. Nach 48, höchstens 60 Stunden ist der Aether fertig, man öffnet dann die Flasche und nimmt den Aether mit einer Pipette ab. — Bei dieser Operation wird der Aether auf eine ungemein einfache Weise, ohne Destillation gebildet.

Außer diesen sind noch viele andere Verfahren zur Bereitung dieses Aethers angegeben. Thenard bringt gleiche Theile Weingeist und concentrirte Salpetersäure in eine Retorte und erwärmt gelinde, bis eine Gasentwicklung eintritt. Der Aether bildet sich dabei allerdings, allein manchmal geht der Proceß mit so gewaltiger Heftigkeit vor sich, daß der ganze Apparat zertrümmert wird; außerdem bilden sich noch manche andere Producte, namentlich Aldehyd, von dem der Aether sehr schwer zu befreien ist. Hieraus erklärt es sich, daß Thenard den Siedpunkt des Aethers so bedeutend höher fand, als Liebig. Sein Product war wahrscheinlich nicht rein.

Liebig leitet Salpetrigsäuregas, welches er in einer geräumigen Retorte aus 1 Th. Stärke und 10 Th. Salpetersäure von 1,300 spec. Gew. entwickelt, in eine Flasche, welche mit einem Gemisch von 2 Th. Weingeist von 85 Proc. und 1 Th. Wasser gefüllt ist, und kühlt diese so weit ab, daß ihre Temperatur nicht über 14 bis 15° steigen kann. Dieses kann nur erreicht werden, indem man die Flasche in ein Frostgemisch stellt, da die Einwirkung der salpetrigen Säure auf den Alkohol so heftig ist, daß dieser sich leicht zum Sieden erhitzt. Zur Vorsicht verbindet man mit diesem Apparat noch einige Woulff'sche Flaschen, die eine gesättigte Lösung von Kochsalz enthalten; in ihnen findet sich nach beendigter Operation stets noch eine geringe Quantität des Aethers. Die ganze Menge desselben wird darauf gesammelt, mit Wasser geschüttelt, durch Chlorcalcium entwässert und endlich nochmals destillirt.

Nach Grosourdi destillirt man Alkohol mit salpetrigsaurem Kali und Schwefelsäure. Das Kalisalz stellt man dar, indem man 100 Th. Kalisalpeter fein pulvert, mit 12 Th. Kienruß mischt und die Masse dann in einem hessischen Tiegel schmilzt. Es entsteht dabei eine ziemlich heftige Verpuffung; sobald diese vorüber und die Masse in Fluß gerathen ist, entleert man den Tiegel, pulvert das salpetrigsaure Kali, bringt 25 Th. davon in eine Retorte und übergießt sie unter Umschütteln mit 10 Th. Alkohol von 85 Proc. Dann mischt man $7\frac{1}{2}$ Th. Alkohol mit 12 Th. Schwefelsäure und fügt dieses, nachdem es vollständig erkaltet ist, in kleinen Portionen zu dem Inhalt der Retorte. Man läßt diese 48 Stunden lang in einem kühlen Raume stehen, schüttelt dabei häufig um und erwärmt erst nach Verlauf dieser Zeit auf 25°. Der größte Theil des Aethers destillirt dabei über und findet sich in reinem Zustande in dem gut abgekühlten Condensationsapparate. Man kann noch eine größere Menge davon gewinnen, wenn man die Masse, welche in der Retorte zurückbleibt, mit Wasser vermischt und nochmals bei einer Temperatur von 45° destillirt. Das so erhaltene Product ist aber nicht so rein wie das vorige.

Nach Feldhaus stellt man sich das salpetrigsaure Kali durch eine Modification der von Stromeyer angegebenen Methode dar. Kalisalpeter wird in einem eisernen Gefäße geschmolzen und nach und nach ein gleiches Gewicht metallisches Blei in kleinen Portionen zugefügt. Das Blei wird dabei auf Kosten der Salpetersäure in Oxyd verwandelt, während salpetrigsaures Kali mit mehr oder weniger unzersetztem Salpeter zurückbleibt. Bei einer Darstellung des Aethers wurden 500 Grm. des geschmolzenen Kalisalzes, worin 68 Proc. salpetrigsaures Kali, mit 1 Liter Alkohol von 45 Proc. übergossen und allmälig ein Gemisch von 500 Grm. Schwefelsäure, ebenso viel Alkohol und Wasser hinzugefügt; es destillirten bei guter Abkühlung mit Eiswasser 235 Grm. des reinen Aethers (Ann. Chem. Pharm. 126, 71).

Der reine Salpetrigsäureäther kann wegen seiner großen Flüchtigkeit nicht wohl angewendet werden. Man stellt ihn für den praktischen Gebrauch daher stets auf die Weise dar, daß er gleich mit einer großen Menge Weingeist vermischt erhalten wird. Er bildet so den Salpetergeist, Spiritus nitrico-aethereus, oder den Spiritus nitri dulcis der Pharmakopöen. Stellt man ihn für den pharmaceutischen Gebrauch dar, so muß man sich nach der Angabe der Landespharmakopöe richten, da die Vorschriften ziemlich bedeutend von einander abweichen, wodurch man in verschiedenen Ländern verschiedene Präparate erhält.

Die preußische Pharmakopöe giebt folgende Vorschrift: 24 Unzen Alkohol von 0,810 werden mit 3 Unzen rauchender Salpetersäure von 1,52 spec. Gew. vermischt und 20 Unzen davon abdestillirt. Diese werden 24 Stunden lang mit 1 Drachme gebrannter Magnesia unter häufigem Umschütteln in Berührung gelassen und dann der Rectification unterworfen. Die Pharmakopöe verlangt eigenthümlicher Weise, daß die erste Unze der zweiten Destillation entfernt und nur der Rest aufgefangen werde.

Bei der großen Flüchtigkeit des Salpetrigsäureäthers ist aber gerade in der ersten Unze des Rectificats die größte Menge des Aethers enthalten. Das Präparat wird daher in seinem Gehalte bedeutend geschwächt werden.

Die fünfte Auflage derselben Pharmakopöe verlangt statt des Alkohols von 0,810 einen schwächeren von 0,830 spec. Gew. und statt der 3 Unzen rauchender Salpetersäure 6 Unzen Salpetersäure von 1,300 spec. Gew.

Das specifische Gewicht sei 0,820 bis 0,825.

Die schwedische Pharmakopöe schreibt 4 Th. Alkohol von 0,833, 1 Th. rauchende Salpetersäure vor und läßt davon im Wasserbade 3 Th. abdestilliren und über Magnesia rectificiren. Spec. Gew. 0,850.

Nach der Vorschrift des Codex hamburgensis werden 24 Th. Alkohol von 0,840 und 6 Th. Salpetersäure von 1,240 spec. Gew. destillirt, bis 20 Th. übergegangen sind, und über Magnesia rectificirt. Spec. Gew. 0,840 bis 0,850.

Die Vorschrift der hannoverschen Pharmakopöe ist ähnlich. 24 Unzen Alkohol von 0,841 spec. Gew. werden mit 6 Unzen Salpetersäure von 1,195 bis 1,205 spec. Gew. gemischt und die Mischung nach 24 Stunden destillirt, bis 20 Unzen übergegangen sind. Das Destillat soll über Magnesia rectificirt werden. Es habe 0,840 bis 0,850 spec. Gew.

Nach der würtembergischen Pharmakopöe werden $4\frac{1}{2}$ Unzen gepulverter Kalisalpeter in einer tubulirten Retorte mit einer kalten Mischung von 2 Pfd. Alkohol von 0,837 spec. Gew. und 4 Unzen concentrirter Schwefelsäure übergossen. Es werden 20 Unzen abdestillirt, mit kohlensaurem Kali geschüttelt und rectificirt. Specifisches Gewicht 0,840 bis 0,850.

Bei der Einwirkung der Salpetersäure auf Alkohol entsteht nicht allein Salpetrigsäureäther, sondern eine Reihe von anderen Producten, die theils in das Destillat mit übergehen, theils in der Flüssigkeit in der Retorte bleiben. Von ersteren ist namentlich Aldehyd zu erwähnen, welches bei seiner Oxydation zu Essigsäure mit zum Sauerwerden des Aethers beiträgt. Im Rückstande ist Oxalsäure, Zuckersäure, Apfelsäure, Glycolsäure und Glyoxalsäure enthalten.

Diese Producte der Oxydation des Alkohols werden in größerer oder geringerer Menge gebildet werden, je nach der Concentration und Quantität der angewandten Säure und je nach der Leitung der Destillation. Es ist daher sehr schwierig, einen Salpeteräther von constanter Zusammensetzung zu haben. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, empfahl Feldhaus eine Mischung von 8 Th. reinem Salpetrigsäureäther und 2 Th. Essigsäureäther in 90 Th. Alkohol zu lösen.

Der Salpeteräther zersetzt sich beim Aufbewahren sehr leicht unter Bildung einer geringen Menge Salpetersäure. Um diese unschädlich zu machen, legen Manche eine geringe Menge neutrales weinsaures Kali in die Vorrathsflaschen. Die entstehende Salpetersäure vereinigt sich dann sofort mit einem Theile des Kalis und verwandelt eine entsprechende Menge des neutralen Salzes in saures weinsaures Kali. Außerdem kommen in dem sauer gewordenen Aether Ameisensäure, Essigsäure ꝛc. vor, die entweder erst durch freiwillige Zersetzung des Aethers oder gleich bei der Darstellung als Oxydationsproducte des Alkohols gebildet sein können.

Mohr hat die von Kopp angegebene Methode zur Darstellung eines Salpeterätherweingeists modificirt. Man mische nach ihm Weingeist von 0,833, Wasser und Salpetersäure von 1,200, von jedem 24 Unzen, und setze 4 Unzen Kupferdrehspäne zu. Von diesem Gemenge ziehe man 24 Unzen Destillat ab, versetze es mit Lackmustinctur und stumpfe die freie Säure mit etwas Aetzkali oder Natronlösung, tropfenweise zugesetzt, ab, bis die Lackmustinctur blau wird. Unterwerfe das Destillat dann der Rectification, fange davon 8 Unzen auf und versetze dieselben mit 16 Unzen Weingeist von 0,833 spec. Gew., wodurch das Product der Menge des ursprünglich angewandten Weingeistes gleichkommt. Das durchaus nicht saure Präparat bringe man in ganz anzufüllende kleine Gläser von 2 bis 3 Unzen Inhalt, welche einzeln angebrochen und aufgebraucht werden. Dieser Salpetersäureätherweingeist ist sichtbar gelb von Farbe, ungemein kräftig und rein riechend.

Essigsäureäther oder Essigäther $C_4\,H_5\,O\,.\,C_4\,H_3\,O_3$ oder $\left.\begin{matrix}C_4\,H_3\,O_2\\ C_4\,H_5\end{matrix}\right\}O_2$. Der Essigsäureäther entsteht, indem essigsaures Natron durch Aethylschwefelsäure zersetzt wird:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}S_2\,O_4\\ H\\ C_4\,H_5\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Aetherschwefelsäure}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4\,H_3\,O_2\\ Na\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Essigsaures Natron}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2\,O_4\\ Na\\ H\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Saures schwefelsaures Natron}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4\,H_3\,O_2\\ C_4\,H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Essigsäure-Aether.}}$$

1 Aeq. Schwefelsäure (zweibasisch) oder 98 Th. werden mit 1 Aeq. Alkohol oder 46 Th., oder mit 1 Aeq. Spiritus von 90°, der 85,75 Proc. absoluten Alkohol enthält, mithin mit 53,6 Th. Spiritus gemischt und mit 1 Aeq. oder 82 Th. wasserfreiem essigsaurem Natron destillirt. Es sind zur Bereitung dieses Präparats häufig andere Vorschriften gegeben; so zeichnet sich namentlich die der preußischen Pharmakopöe durch eine viel zu große Menge Alkohol aus, der nicht allein nutzlos verloren geht, sondern auch bei der Bereitung durch schwierige Operationen erst wieder zu entfernen ist. Da der Vorschrift der Pharmakopöe gemäß ein chemisch reines Präparat und nicht eine Mischung von Essigsäureäther mit Alkohol gefordert wird, so ist die Vorschrift zweckmäßig auf das angegebene atomistische Verhältniß zurückzuführen. Zur Bereitung kann man das im Handel vorkommende rohe essigsaure Natron anwenden, welches fast weiß und höchstens durch Spuren von Schwefelsäure und Chlor verunreinigt ist, die hier aber nicht schädlich wirken. Das krystallisirte Salz wird in einem eisernen Kessel erhitzt, wobei es zunächst in seinem Krystallwasser schmilzt. Unter beständigem Rühren läßt man das Wasser vollständig verdampfen, bis eine ganz trockne Salzmasse zurückbleibt. Man kann diese ziemlich stark erhitzen, ohne eine Zerstörung der Essigsäure befürchten zu brauchen. Das trockne Salz wird dann sofort gepulvert, durch ein nicht zu feines Sieb geworfen und in verschließbaren Gefäßen zum Gebrauch aufbewahrt.

Die Destillation des Aethers kann im Großen in einem eisernen Kessel vorgenommen werden, der durch einen Deckel verschließbar und durch einen kupfernen Helm mit einem Kühlapparat, einem in Wasser liegenden Schlangenrohr verbunden ist. In den Kessel bringt man die erforderliche Menge concentrirte Schwefelsäure, fügt unter starkem Umrühren den Alkohol hinzu und läßt die Mischung erkalten. In dieselbe wirft man das trockne essigsaure Natron, mischt es durch Umrühren sorgfältig mit der Aetherschwefelsäure, dichtet alle Fugen des Apparates und erhitzt Anfangs gelinde. Die Destillation geht

dabei ruhig und gleichmäßig von Statten, man regulirt dabei das Feuer in dem Maße, als der Aether aus dem Schlangenrohr abfließt. Eine so gleichmäßige Destillation erreicht man aber nur, wenn das essigsaure Natron als Pulver in die Säure eingetragen und gut mit dieser gemischt ist. Sind große Stücke des Salzes vorhanden, oder hat sich das Pulver zusammengeballt, so tritt manchmal bei verstärktem Feuer eine so plötzliche Bildung des Aethers ein, daß die Dämpfe im Kühlapparat nicht verdichtet werden können, sondern gewaltsam entweichen oder wenn sie durch den Condensator sich nicht rasch genug einen Ausweg verschaffen können, sogar den Apparat auseinander treiben können. Es kommt dieses daher, daß die größeren Stücke in der überhitzten Säure schwimmen, ohne von dieser durchdrungen zu sein, bis sie dann plötzlich sich lösen und so eine Masse von Dämpfen entstehen.

Man setzt die Destillation so lange fort, bis das zuletzt Uebergehende nicht mehr brennbar ist. Bei obigen Verhältnissen werden 88 Th. Essigsäureäther gebildet, außerdem geht stets etwas Wasser mit über, man braucht daher die Destillation nicht eher zu unterbrechen, bis wenigstens 90 Th. roher Aether in der Vorlage enthalten sind.

Der rohe Aether enthält stets mehr oder weniger Wasser, etwas Alkohol und eine geringe Menge freier Essigsäure. Bei den angegebenen Verhältnissen kann der Alkoholgehalt des Aethers jedoch nur sehr gering sein. Zur Neutralisation der Essigsäure fügt man etwas gebrannte Magnesia hinzu, oder nach Mohr Kalkhydrat, und zwar so viel, bis nach dem Umschütteln die saure Reaction verschwunden ist. Zur Aufnahme des Wassers und des Alkohols fügt man soviel scharf getrocknetes, aber nicht geschmolzenes Chlorcalcium hinzu, als dieses noch gelöst wird, und läßt die Flüssigkeit mit einem Ueberschuß des Salzes einen Tag lang stehen. Das Chlorcalcium löst und verbindet sich mit Wasser und Alkohol und scheidet sich als schwere Flüssigkeit unter dem Aether ab. Den Aether gießt man ab und bringt ihn in ein Rectificationsgefäß, — eine kupferne Blase mit Kühlrohr. Den Aether destillirt man bei gelindem Feuer ab, und fängt nur das Letzte, etwa ein Zehntel, in einer besonderen Vorlage auf, um dieses bei der nächsten Operation noch einmal zu rectificiren.

Der Essigsäureäther ist eine wasserhelle Flüssigkeit, von ätherisch angenehmem Geruch. Er siedet bei 74°, die Dichte seines Dampfes ist 3,067, sein specifisches Gewicht ist 0,885 bis 0,890.

Das specifische Gewicht ist jedoch für die Reinheit des Präparats nicht entscheidend, da dieses leicht durch einen geringen Zusatz von Weingeist oder Wasser verändert werden kann. Die Prüfungen, welche die Pharmakopöen angeben, gründen sich auf die Löslichkeit in Wasser. Die preußische Pharmakopöe verlangt, er solle sich in nicht weniger als 7 Th. Wasser lösen, andere schreiben 8 Th. als die Grenze vor. Die Angaben über die Löslichkeit des Essigäthers schwanken bedeutend. Liebig führte an, er werde von 7 Th. Wasser aufgenommen. Nach einer Untersuchung von Mohr ist er in 11 Theilen, nach Becker in 12 bis 13 Th. Wasser löslich. Je mehr Alkohol oder Wasser der Aether enthält, desto leichter löst er sich in Wasser auf. Die Prüfung führt man am besten auf die Weise aus, daß man in einem Probirröhrchen möglichst rasch eine beliebige Quantität des Aethers abwägt. Man läßt dann nach und nach aus einer in 0,1 Cubik-Centimeter getheilten Bürette so viel Wasser zufließen, bis der letzte Tropfen nach kräftigem Umschütteln die letzte Spur des Aethers gelöst hat. Indem man dann das Gewicht des angewandten Aethers, in Grammen ausgedrückt, in die Zahl der gebrauchten Cubik-Centimeter Wasser dividirt, erhält man die Quantität, welche zur Lösung eines Theils erforderlich war. Wir wollen annehmen, es seien 2,47 Grm. Essigäther angewandt und 17,3 C.-C. Wasser zur Lösung erforderlich gewesen; in diesem Falle ist der Aether, nach Annahme der preußischen Pharmakopoe als vollkommen rein zu betrachten, denn 2,47 : 17,3 = 1 : 7. Sollte er sich aber z. B. schon in 16,5 C.-C. vollständig gelöst haben, so ist dieses ein Beweis, daß er eine gewisse Menge Wasser oder Alkohol enthalten habe, denn 2,47 : 16,5 = 1 : 6,67.

Diese Methode der Prüfung ist aber nicht sehr genau, denn es ist außerordentlich schwierig zu bestimmen, wann die letzten Mengen des Aethers gerade verschwunden sind, da eine kleine Quantität sich so mit dem Wasser vermischen kann, daß man sie nur bei sehr scharfer Beobachtung zu erkennen im Stande ist. Es können sich daher leicht Fehler einschleichen, namentlich da man kein scharfes Erkennungsmittel hat, um zu sehen, ob die Menge des Wassers, welche man hinzugefügt hat, nicht zu groß sei. Weit schärfer und sicherer prüft man den Essigäther nach einem von Mohr angegebenen Verfahren. Es gründet sich darauf, daß ein Aequivalent Essigäther beim Erwärmen mit Natronlösung ein Aequivalent essigsaures Natron und ein Aequivalent Alkohol bildet. Wir lassen hier die Beschreibung des Verfahrens mit Mohr's eigenen Worten folgen:

Ein leichtes leeres Gläschen mit daneben liegendem Korke wird auf einer empfindlichen Wage ins Gleichgewicht gebracht und von dem zu prüfenden Aether mit einer Pipette 3 bis 5 C.-C. hineingelassen, dann der Kork aufgesetzt und das Gewicht bestimmt. Wenn die Pipette richtig ist, so geben die Gramme, dividirt durch die Anzahl der C.-C., das specifische Gewicht. Diese Probe wird nicht zur Analyse genommen, sondern, wenn der Essigäther sauer ist, um seine Säure wegzunehmen oder zu bestimmen. Man fügt einige Tropfen Lackmustinctur hinzu, welche sich in diesem Falle röthet, und läßt nun aus der Bürette Probenatron, welches im Liter 31 Grm. NaO enthält, hinzufließen, bis der letzte Tropfen blau macht. Wenn man die Tropfen eines C.-C. zählt, so erhält man in den gebrauchten Tropfen, weniger einen, ein Maß der freien Säure. Man kennt nun das Gewicht von einer bestimmten Anzahl C.-C. des Essigäthers. Wäre er absolut rein, so würden bei der Zersetzung 8,8 C.-C. desselben genau 100 C.-C. Normalnatron sättigen. Danach kann man leicht berechnen, wie viel Normalnatron man zu nehmen habe, um selbst im Falle der vollkommenen Reinheit noch einen Ueberschuß an Natron zu haben. Man kann demnach auf jedes Gramm Aether 12 C.-C. Normalnatron nehmen. Dieses läßt man genau aus einer Bürette in ein mit

einem Glasstöpsel versehenes Glas fließen, mit der Vorsicht, den Hals nicht zu benetzen. Man saugt nun wieder Aether in die Pipette und läßt dieselbe Anzahl C.-C., die man vorher anwandte, in das Natron einlaufen, indem man die Spitze der Pipette eintaucht. Man zieht dann die Pipette heraus, setzt den Glasstopfen fest auf und schüttelt einige Male kräftig um. Anfänglich schwimmt der Aether auf der Natronlösung; nach einiger Zeit verschwinden die trüb machenden Aethertropfen und die Flüssigkeit wird vollkommen klar. Man verbindet den Stopfen mit einer Schnur und stellt die Flasche an einen warmen Ort oder legt sie in warmes Wasser. Zeit und Wärme können sich vollkommen ersetzen, so daß es keine bestimmte Temperatur giebt, bis zu welcher man die Flüssigkeit erhitzen muß. Nach 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden kann man wieder öffnen, wo dann jede Spur von Geruch nach Essigäther verschwunden ist, sich häufig aber ein Geruch nach Birnäther — Essigsäureamyläther — zeigt, wenn der Aether aus nicht entfuseltem Alkohol dargestellt ist.

Bei einem Versuche wurden 4,4 Grm. Essigäther, der sich gegen Lackmus neutral verhielt, mit 54 C.-C. der Natronlösung auf diese Weise behandelt und nachher der Ueberschuß des Natrons mit Normalkleesäure, welche im Liter 63 Grm. der krystallisirten Säure enthielt und daher ein ihr gleiches Volumen der Natronlösung sättigte, bestimmt. Es waren dazu 6,8 C.-C. erforderlich, demnach waren 54 — 6,8 = 47,2 C.-C. Natronlösung gebraucht. Wäre der Aether vollkommen rein gewesen, so würde er durch gerade 50 C.-C. Natron zersetzt sein, in diesem Falle enthielt er aber nur 94,4 Procent, denn 50 : 47,2 = 100 : 94,4. Wäre der Aether sauer gewesen, so müßte man die C.-C. Natron, welche zum Neutralisiren der Essigsäure erforderlich gewesen wären, von der Gesammtmenge abziehen, um die Quantität Natron, die zur Zersetzung des Aethers gedient hatte, zu erfahren.

Buttersäureäther $\left.\begin{matrix}C_8H_7O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$. — Der Darstellung dieses Aethers muß die Gewinnung der Buttersäure vorausgehen. Diese erhält man nach Bensch, indem man 3 Pfd. Rohrzucker und $\frac{1}{2}$ Unze Weinsäure in 13 Pfd. heißem Wasser löst, die Flüssigkeit einige Tage stehen läßt und dann 2 Unzen faulen Käse, den man mit 4 Pfd. saurer Milch, welche aber von der Sahne getrennt ist, anrührt und $1\frac{1}{2}$ Pfd. fein gepulverte Kreide hinzufügt. Das Ganze wird an einem warmen Orte einer gleichmäßigen Temperatur von 30 bis 35° ausgesetzt, von Zeit zu Zeit durch Umrühren gut vermischt und das verdunstende Wasser ersetzt.

Der Zucker erleidet dabei, in Berührung mit dem Käse, eine Gährung, die aber der gewöhnlichen Gährung gerade entgegengesetzt ist. Der Branntweinbrenner und Bierbrauer sucht Alkohol zu bilden, welches ihm bei der Gährung des Traubenzuckers, die durch Hefe veranlaßt ist, gelingt; in dem Falle, welchen wir jetzt beschreiben, wird eine Gährung eingeleitet, welche in Bierbrauereien ein Verderben des Productes zur Folge haben würde und dort daher möglichst verhindert wird. Der Zucker verwandelt sich nämlich durch die Wirkung des Ferments in Milchsäure. Nach 10 bis 12 Tagen erstarrt die ganze Masse zu einem Brei von milchsaurem Kalk. Läßt man die Gährung dann ununterbrochen weiter gehen, so tritt sie nach und nach in ein anderes Stadium, die Masse wird immer dünnflüssiger, es steigen Gasblasen auf, die aus Kohlensäure und Wasserstoff bestehen, bis der Proceß nach Verlauf von 5 bis 6 Wochen sein Ende erreicht hat. Man erkennt dieses daran, daß die Flüssigkeit ruhig wird, indem sich kein Gas mehr entwickelt. Sie enthält dann eine Lösung von buttersaurem Kalk, dieser wird durch Hinzufügung von 4 Pfd. krystallisirter Soda in das entsprechende Natronsalz verwandelt, dessen Lösung man von dem kohlensauren Kalk abfiltrirt und soweit verdampft, bis nur noch 5 Pfd. zurückbleiben. Hieraus scheidet sich die Buttersäure als eine dunkelgefärbte ölartige Masse ab, wenn man $2\frac{3}{4}$ Pfd. Schwefelsäure hinzufügt. Die Lösung des schwefelsauren Natrons kann dann beseitigt werden. Die Buttersäure wird mit kohlensaurem Natron neutralisirt, die Lösung in einem Destillationsapparate nochmals mit Schwefelsäure zersetzt, worauf farblose Buttersäure überdestillirt. Sie braucht nur auf mechanischem Wege vom Wasser befreit zu werden und ist dann zur Darstellung des Aethers hinreichend rein.

Man erhält auf diese Weise ungefähr 30 Proc. vom angewandten Zucker an Buttersäure.

Die Gährung findet rascher Statt, wenn man statt des faulen Käse faulendes Fleisch und statt des Zuckers Stärkekleister oder zerstampfte gekochte Kartoffeln anwendet. Man nimmt dann auf 4 Th. Stärke oder eine diesem entsprechende Menge Kartoffeln 1 Th. Fleisch. Es bilden sich dabei dieselben Producte, aber ungleich schneller, wie nach dem vorigen Verfahren. Die Gährung ist nach Schubert schon in fünf bis sechs Tagen vollendet.

Die Buttersäure ist eine sehr sauer schmeckende und riechende Flüssigkeit. Sie siedet in reinem Zustande bei 164°, mit Wasser gemischt geht sie aber schon bei der Siedhitze desselben über. Sie ist in Wasser schwer löslich. Ihr specifisches Gewicht ist nach dem völligen Entwässern = 0,974. Ihre Zusammensetzung entspricht der Formel $C_8H_8O_4$ oder $\left.\begin{matrix}C_8H_7O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2$.

Sie hat genau dieselbe procentische Zusammensetzung wie der Essigäther und ist daher mit diesem isomer.

Der Buttersäureäther entsteht, wenn man 2 Th. Buttersäure mit 2 Th. Alkohol und 1 Th. Schwefelsäure vermischt, und scheidet sich sofort als eine ölartige Schicht auf der Flüssigkeit ab. Man trennt ihn von dieser, wäscht ihn mit Wasser, dem man zur Neutralisation der freien Säure etwas Kreide zugesetzt hat, und entzieht ihm darauf das Wasser, indem man ihn einige Tage lang mit Chlorcalcium in Berührung läßt. Man braucht ihn darauf nur noch einmal zu destilliren, um ihn völlig rein zu erhalten. Er bildet eine wasserhelle, sehr bewegliche Flüssigkeit von ananasartigem Geruch, hat 0,913 spec. Gew. und siedet bei 113°.

Im Handel findet sich unter dem Namen Butteräther ein Präparat, welches vielfach zur Fabrikation des Rums gebraucht wird, da es durch seinen Geruch dem Weingeist ein dem Rum ähnliches Aroma mittheilt. Es wird durch Destillation der Butterseife mit Alkohol

und Schwefelsäure dargestellt. Man bringt zu dem Zweck 10 Pfd. fein zerschnittene Butterseife in einen Destillationsapparat, übergießt sie mit 5 Pfd. Weingeist von 90 Proc. und erwärmt gelinde, bis die Seife gelöst ist. Ein Theil des Alkohols verflüchtigt sich dabei, diesem werden noch 5 Pfd. Weingeist zugesetzt und darauf 10 Pfd. Schwefelsäure hinzugefügt. Die Flüssigkeit erwärmt sich dabei bedeutend und kann daher ohne Gefahr sofort in den Destillationsapparat zu der warmen Seifenlösung gebracht werden. Beim weiteren Erwärmen destillirt ein sehr angenehm riechendes Fluidum über, welches eine alkoholische Lösung der Aether der flüchtigen Säuren, die sich in der Butter finden, ist. Gegen Ende der Operation entsteht gewöhnlich durch eine weiter gehende Zersetzung eine Entwicklung von schwefliger Säure. Diese wird aus dem Destillat entfernt, indem man es einige Tage mit fein gepulvertem Braunstein stehen läßt und darauf über etwas gebrannte Magnesia rectificirt. In der Retorte bleiben bei der ersten Destillation die Fettsäuren der Butter zurück, diese werden mit heißem Wasser von dem Ueberschuß der Schwefelsäure und dem schwefelsauren Kali oder Natron befreit und können dann auf eine passende Weise verwerthet werden.

Der **Pelargonsäureäther** $\left.\begin{matrix}C_{18}H_{17}O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$ ist höchst wahrscheinlich mit dem im Weine vorkommenden Oenanthäther identisch. Er findet jetzt eine bedeutende Anwendung zur Darstellung künstlichen Cognacs und zur Aromatisirung der Weine und wird unter dem Namen Weinöl oder Drusenöl in den Handel gebracht.

Dieser Aether findet sich fertig gebildet in dem Fuselöle des Kornbranntweins, man erhält ihn aber in größerer Menge, wenn man die bei der Gährung des Mostes erhaltenen Drusen auspreßt und dann unter Zusatz von ½ Proc. Schwefelsäure und 100 bis 150 Th. Wasser in einem durch Dampf geheizten Apparat destillirt. Neben Alkohol und Wasser geht dabei ein schwarzes Oel über, welches auf der wäßrigen Flüssigkeit schwimmt. Dieses ist der Aether, er wird gesammelt, noch einmal mit Wasser destillirt und bildet dann eine farblose Flüssigkeit, die im concentrirten Zustande keinen sehr angenehmen Geruch hat; vermischt man aber einen Tropfen davon mit einer großen Menge Alkohol, so wird diesem der angenehme Geruch des echten Cognacs ertheilt.

Dieser Aether kann auch künstlich gebildet werden. R. Wagner erhielt ihn, als er 1 Th. Rautenöl, aus der Ruta graveolens, mit 2 Th. sehr verdünnter Salpetersäure bis zum Sieden erhitzte. Die Flüssigkeit schied sich dabei in zwei Theile; der untere wurde längere Zeit erwärmt, um die überschüssige Salpetersäure zu entfernen. Die Lösung wurde dann filtrirt und mit Alkohol digerirt. Es bildete sich dabei eine weingeistige Lösung von Pelargonsäureäther. Nach Wagner's Ansicht dürfte es noch vortheilhafter sein, bei der Darstellung dieses Aethers von der Oelsäure auszugehen und diese auf dieselbe Weise zu behandeln.

In England stellt man diesen Aether jetzt nach einem geheim gehaltenen Verfahren in großen Quantitäten dar. Vielleicht dürfte diesem eine der Wagner'schen ähnliche Methode zu Grunde liegen.

Der **Benzoësäureäther** $\left.\begin{matrix}C_{14}H_4O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$ wird am leichtesten dargestellt, indem man 4 Th. Alkohol, 2 Th. krystallisirte Benzoësäure und 1 Th. Salzsäure mischt und dieses in einem Kolben, auf den mittelst eines Korkes eine lange Glasröhre gesetzt ist, längere Zeit erwärmt. Die Benzoësäure wird dabei nach und nach vollständig in den Aether verwandelt. Die Flüssigkeit wird darauf mit Wasser vermischt, wodurch der Aether abgeschieden wird. Man wäscht ihn einige Male mit einer Lösung von kohlensaurem Natron und destillirt ihn über etwas Bleioxyd, wodurch ihm die letzte Spur freier Säure entzogen wird. Er bildet dann ein farbloses Oel von aromatischem Geruch, von 1,054 spec. Gew. bei 10,5° und siedet bei 209°. In kaltem Wasser ist er unlöslich. Er löst sich aber, wie alle Aetherarten, leicht in Alkohol und Aether.

Wir haben schon oben angeführt, daß man mit dem Namen Aether eine ganze Reihe von Körpern bezeichne. Diese unterscheiden sich von dem Aethyläther dadurch, daß sie andere Radicale enthalten, die in ihrer Zusammensetzung aber in einem gewissen Verhältniß stehen. Wenn wir für die Zusammensetzung des Aethyläthers die Formel C_4H_5O annehmen, so erhalten wir durch Subtraction oder Addition von je 2 Aeq. Kohlenstoff und 2 Aeq. Wasserstoff eine ganze Reihe von Körpern, welche sich auf dieselbe Weise wie der Aether verhalten, welche analoge Verbindungen eingehen. Wir haben demnach:

C_2H_3O	—	Methyläther,
C_4H_5O	—	Aethyläther,
C_6H_7O	—	Propyläther,
C_8H_9O	—	Butyläther,
$C_{10}H_{11}O$	—	Amyläther,
		u. s. f.

Solche Reihen von Verbindungen finden sich sehr häufig in der organischen Chemie. Man nennt sie homologe Reihen.

Eine nähere Betrachtung aller dieser Verbindungen würde hier zu weit führen. Sie gehört den der organischen Chemie gewidmeten Lehrbüchern an. Wir wollen hier nur noch einige Verbindungen beschreiben, welche in der technischen Chemie Anwendung finden.

Der **Essigsäureamyläther** $\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_{10}H_{11}\end{matrix}\right\}O_2$ entsteht auf dieselbe Weise wie der Essigsäureäther. Man destillirt Amylalkohol mit Schwefelsäure und essigsaurem Kali. Der Amylalkohol steht in demselben Verhältniß zum gewöhnlichen Alkohol, wie der Amyläther zu dem Aethyläther. Es ist Alkohol $C_4H_6O_2 + C_6H_6 = C_{10}H_{12}O_2$. Man findet diesen Alkohol in großen Mengen in dem sogenannten Fuselöl, welches sich bei der Gährung des Traubenzuckers bildet und bei der Branntweinbrennerei den höchst unangenehmen Geruch der zuletzt übergehenden Theile des Spiritus veranlaßt. Dies Oel besteht im rohen Zustande aus den homologen Alkoholen, deren Aether wir oben bezeichnet haben. Um daraus

den Amylalkohol abzuscheiden, vermischt man es zuerst mit seinem gleichen Volum Wasser und schüttelt es eine Zeit lang damit. Der gewöhnliche Alkohol wird ihm dadurch entzogen. Man nimmt dann die ölartige Schicht, welche auf der wäßrigen Lösung schwimmt, ab und destillirt sie in einer Retorte mit eingesenktem Thermometer. Das Destillat, welches zwischen 125 und 140° übergeht, wird für sich besonders aufgefangen, da es die ganze Menge des Amylalkohols mit einer nur geringen Menge der übrigen enthält. Diese Partie muß nochmals für sich destillirt werden. Man verwirft dann das zuerst Uebergehende und sammelt die Flüssigkeit, welche zwischen 130 und 135° erhalten wird. Sie bildet ein für alle technischen Anwendungen hinreichend reines Product.

Der reine Amylalkohol ist eine wasserhelle, das Licht stark brechende Flüssigkeit von höchst unangenehmem, erstickendem Geruch, siedet bei 132° und hat 0,818 spec. Gew.

Den **Essigsäureamyläther** stellt man dar, indem man 1 Th. Amylalkohol mit 1 Th. concentrirter Schwefelsäure mischt und dieses mit 2 Th. essigsaurem Kali destillirt. Das Destillat wird mit Wasser, dem man etwas kohlensaures Natron zugesetzt hat, gewaschen, dann über Magnesia rectificirt. Es bildet so ein farbloses Liquidum von angenehmem Geruch, welches nach **Kopp** bei 133° siedet.

Für den Gebrauch in der Parfümerie stellt man diesen Aether nach **Fehling's** Anweisung am besten dar, indem man 1 Th. Essigsäurehydrat — Eisessig — mit ½ Th. Schwefelsäure und 1 Th. Amylalkohol einige Stunden lang bei einer Temperatur von 100° erhält. Fügt man dann Wasser hinzu, so scheidet sich der Aether ab. Dieser kann durch Waschen mit Wasser von der anhängenden Säure befreit werden. Man umgeht dabei die Destillation.

Valeriansäureamyläther $\left.\begin{matrix}C_{10}H_9O_2\\C_{10}H_{11}\end{matrix}\right\}O_2$ entsteht bei der Behandlung des Amylalkohols mit Chromsäure. Man könnte diese Zersetzung durch die Formel:

$$\underbrace{6\,C_{10}H_{12}O_2}_{\text{Amylalkohol}} + \underbrace{8\,CrO_3}_{\text{Chromsäure}} = \underbrace{3\,C_{20}H_{20}O_4}_{\text{Valeriansäure-amyläther}} + \underbrace{12\,HO}_{\text{Wasser}} + \underbrace{4\,Cr_2O_3}_{\text{Chromoxyd}}$$

ausdrücken. Die Einwirkung geht aber nie so weit, es entsteht stets neben dem Aether eine große Menge von Valeriansäure, die man dann für sich in den Aether zu verwandeln hat.

Zur Darstellung dieses Aethers bringt man 5½ Th. gepulvertes saures chromsaures Kali mit 5 Th. Wasser in einen Destillationsapparat, fügt dann ganz allmälig eine Mischung von 1 Th. Amylalkohol und 5 Th. concentrirter Schwefelsäure hinzu. Durch die gegenseitige Einwirkung erhitzt die Flüssigkeit sich so sehr, daß sie von selbst ins Sieden geräth. Nach beendigter Reaction erwärmt man und destillirt den Rest ab. Das Destillat besteht aus zwei Schichten, die untere ist eine wäßrige Lösung von Valeriansäure, die obere eine Mischung von Valeriansäure und dem Valeriansäureamyläther. Um beide zu trennen, fügt man eine concentrirte Lösung von kohlensaurem Natron hinzu, bis alle freie Säure neutralisirt ist. Die ölige Flüssigkeit, welche sich dabei abscheidet, ist der Aether. Man trennt ihn von dem valeriansauren Natron, verdampft dieses bis auf ein kleines Volum und fügt dann nach dem Erkalten so viel Schwefelsäure hinzu, als erforderlich ist, um die ganze Menge des Natrons zu binden. Die Valeriansäure wird dadurch in Freiheit gesetzt und schwimmt auf der Lösung des schwefelsauren Natrons. Man trennt sie von dieser, fügt 1¼ Th. davon zu einer Mischung von ¾ Th. Amylalkohol und 1 Th. Schwefelsäure und erwärmt bis auf 100°. Auf Zusatz von Wasser scheidet sich dann der Valeriansäureamyläther ab, der nur noch mit Wasser und etwas kohlensaurem Natron gewaschen zu werden braucht, um das reine Präparat zu liefern.

Die Abscheidung der Valeriansäure kann jedoch füglich umgangen werden. Man verdampft die neutrale Lösung des valeriansauren Natrons im Wasserbade zur Trockne, wägt davon 1 Aeq. oder 124 Th. ab und erwärmt diese gelinde mit einer Mischung von 1 Aeq. oder 98 Th. Schwefelsäure und 1 Aeq. oder 88 Th. Amylalkohol.

Der so erhaltene Aether ist eine Flüssigkeit, welche im concentrirten Zustande nicht angenehm riecht, vermischt man ihn aber mit 10 Th. Alkohol, so ertheilt er diesem einen den Aepfeln ähnlichen Geruch. Er siedet bei 196°.

Das in neuerer Zeit häufig angewandte **Wintergrünöl** gehört ebenfalls in die Reihe der Aether. Es enthält neben einer verhältnißmäßig geringen Menge eines neutralen Kohlenwasserstoffs $C_{20}H_{16}$ den **Salicylsäuremethyläther**, dessen procentische Zusammensetzung durch die Formel $C_{16}H_8O_6$ ausgedrückt werden kann. Die Salicylsäure $C_{14}H_6O_6$ oder $\left.\begin{matrix}C_{14}H_4O_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$ ist eine zweibasische Säure. In ihr können 2 Aeq. Wasserstoff durch Metalle oder Radicale vertreten werden. In diesem Aether ist aber nur das eine Aequivalent Wasserstoff durch Methyl oder das eine Aequivalent Wasser durch Methyloxyd ersetzt. Der Aether hat daher saure Eigenschaften und wird erst neutral, sobald das zweite Aequivalent Wasserstoff ebenfalls durch ein Metall oder Radical vertreten ist. Rationell muß man daher diesen Aether durch die Formel $\left.\begin{matrix}C_{14}H_4O_2\\H\\C_2H_3\end{matrix}\right\}O_4$ bezeichnen. Man nennt ihn wegen seiner sauren Eigenschaften auch **Gaultheriasäure**.

Das Wintergrünöl wird erhalten, indem man die Blüthen der Gaultheria procumbens, einer Pflanze, die namentlich in Nordamerika vorkommt, mit Alkohol oder Aether auszieht.

Alle die hier beschriebenen Aether finden technische Anwendung. Der Essig-, Salz-, Butter- und Salpeteräther namentlich in der Fabrikation der Spirituosen, die übrigen in der Parfümerie und Conditorei. Die ersteren sind schon seit längerer Zeit in Gebrauch, die letzte-

ren sind aber erst seit wenigen Jahren allgemein verbreitet worden. In der Industrieausstellung zu London im Jahre 1851 sah man verschiedene Oele, welche mit dem Namen Birnen-, Aepfel-, Ananasöl u. s. w. bezeichnet waren. Professor Hofmann in London unterwarf sie einer Untersuchung und fand, daß sie Lösungen der oben erwähnten Aether in Weingeist seien. Seitdem hat ihre Fabrikation bedeutenden Aufschwung genommen. Sie kommen in großen Mengen unter dem Namen Fruchtäther oder Fruchtessenzen in den Handel.

Der Aepfeläther besteht im Wesentlichen aus Valeriansäureamyläther, von dem man 1 Th. in 6 bis 10 Theilen starkem Weingeist löst.

Der Birnenäther enthält Essigsäureamyläther.

Der Ananasäther ist Buttersäureäther.

Der Aprikosenäther ist Buttersäureäther mit etwas Amylalkohol.

Der Kirschenäther ist Essigsäureäther mit Benzoësäureäther.

Der Erdbeeräther ist Essigsäureäther mit Essigsäureamyläther und Buttersäureäther.

Die Aether werden in verschiedenen Verhältnissen in Weingeist gelöst, je nach der Intensität des Geruchs, welchen man zu erlangen wünscht. Das Aroma der meisten wird gewöhnlich durch einen geringen Zusatz von Chloroform erhöht.

Die Essenzen ahmen den Geruch der Früchte auf so täuschende Weise nach, daß Hofmann glaubte, man würde diese aus den Früchten selbst darstellen können, wenn man eine hinreichende Menge derselben einer passenden Behandlung unterwürfe.

Stohmann.

Alaun.

Man begreift unter Alaun im Allgemeinen (als Collectivname) eine Reihe von Doppelsalzen, welche in ihrer Zusammensetzung der allgemeinen Formel $RO . SO_3 + R_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq. entsprechen, also gleiche Constitution besitzen, und bei theilweiser oder völliger Verschiedenheit der Radicale R, sowie unter Beibehaltung desselben Wassergehaltes eine gleiche Krystallgestalt (die oktaedrische) zeigen, somit isomorph sind. Aber nicht allein die Basen können in den Alaunen variiren und sich theilweise vertreten, sondern auch die Schwefelsäure kann durch andere Säuren von gleicher atomistischer Constitution (Chromsäure, Selensäure) ganz oder theilweise ohne Aenderung der Krystallgestalt vertreten sein.

Es lassen sich in dieser Beziehung nachstehende Alaunarten unterscheiden, welche theils in der Natur vorkommen, theils künstlich dargestellt werden können:

Namen:	Formel:
Kali-Alaun	$KO . SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Natron-Alaun	$NaO . SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Lithion-Alaun	$LiO . SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Ammoniak-Alaun .	$NH_4O . SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Mangan-Magnesia-Alaun	$\left.\begin{matrix}MnO\\MgO\\HO\end{matrix}\right\} SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Eisenoxydul-Alaun	$FeO . SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Kali-Eisenalaun (Eisenalaun) ...	$KO . SO_3 + Fe_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Ammoniak-Eisenalaun	$NH_4O . SO_3 + Fe_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Mangan-Alaun ...	$KO . SO_3 + Mn_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.
Chrom-Alaun	$KO . SO_3 + Cr_2O_3 . 3SO_3 + 24$ aq.

Der Mangan-Magnesia-Alaun und Eisenoxydulalaun haben jedoch eine abweichende Krystallform und können streng genommen nicht als Alaune betrachtet werden; sie sind nur deshalb hier eingereiht, weil ihre Zusammensetzung den übrigen Alaunen analog ist.

Zu den technisch wichtigen Alaunsorten, welche zuerst in der Färberei Anwendung gefunden haben, rechnet man den Kali-, Ammoniak- und Natronalaun.

Geschichtliches. — Die Geschichte berichtet uns, daß schon vor einer Reihe von Jahrhunderten Alaunwerke (oder Alaunhütten) zu Roha oder Rocha in Mesopotamien bestanden haben, woher auch nach Leibnitz der alte Name Roch-Alaun (alumen roccae) stammen soll, den man jedoch später vielfach auf eine jede gute Alaunsorte übertragen hat, wiewohl andere Meinungen sich dahin aussprechen, daß der Name nur dem aus Alaunstein dargestellten Producte beigelegt worden sei, um dieses von dem gewöhnlich mehr eisenhaltigen, aus dem Alaunschiefer (welcher schon zu Agricola's Zeiten zu diesem Zwecke verarbeitet wurde) erzielten Fabrikate zu unterscheiden. Andere Forscher halten endlich dafür, daß dieser Name von dem italienischen Worte: rocca, der Fels, wegen seiner Gewinnung aus Felsen (von Tolfa) entnommen sei.

Schon Plinius spricht (in seiner historia naturalis, lib. 35. cap. 52) von mehreren Arten alumen und sagt, daß in Cypern ein schwarzes und ein weißes vorkomme, von denen man das erstere beim Färben der Wolle mit hellen Farben und das letztere mit dunklen benutze. Jedoch scheint Plinius Alaun mit Eisenvitriol verwechselt, oder wenigstens hiermit verunreinigte Substanzen gehabt zu haben, denn er führt an, daß das echte alumen (alumen liquidum) durch den Saft des Gallapfels schwarz gefärbt werde, und daß auch eine Art alumen (alumen spissum) sich ebenfalls mit Gall-

äpfeln färbe, wodurch wenigstens der Beweis geliefert wird, daß die Alaunarten nicht ganz frei von Eisenvitriol gewesen sind. Eine Verwechselung möchte aber bei der damaligen geringen Kenntniß von der chemischen Natur oder vielmehr Constitution der Salze um so eher möglich gewesen sein, da der Alaun und Eisenvitriol manche Aehnlichkeit mit einander haben. Außerdem geben beide auch styptische Eigenschaften zu erkennen und werden nicht allein in denselben Gegenden gefunden, sondern bilden gemeinschaftlich auf denselben Gesteinen Auswitterungen. — Ueberhaupt können wir wohl annehmen, daß die von Dioskorides als stypteria (*στυπτηρία*) und von Plinius als alumen bezeichneten Substanzen ein Gemenge von Salzen gewesen sind, welche hauptsächlich aus Eisenvitriol und Thonerdesalzen bestanden; wenigstens scheinen die Beschreibungen theils auf einen unreinen Eisenvitriol zu deuten und theils sich auf Alaunstein oder Alaunschiefer mit ausgewittertem Alaun oder eine Mischung aus Alaun und Eisenvitriol (dem sogenannten Federalaun oder Haarsalz) zu beziehen. — Auch Beckmann hat die Meinung ausgesprochen, daß das alumen der Römer natürlich gebildeter Eisenvitriol gewesen sei, und ebenso wenig die Griechen, als die Römer unseren jetzigen Alaun gekannt hätten. Derselbe ist vielmehr der Ansicht, daß die Gewinnung des Alauns in Asien entdeckt sei, wiewohl wir durchaus nicht wissen, wie und wann diese Entdeckung geschehen ist.

Bestimmtere Nachrichten über die Kenntniß unseres heutigen Alauns in der Vorzeit werden uns zuerst durch die Schriftsteller des Zeitalters der Alchemie (von der Mitte des vierten Jahrhunderts bis zum ersten Viertel des sechszehnten Jahrhunderts) geliefert. Geber, der, historischen Quellen zufolge, in der Mitte des achten Jahrhunderts gelebt haben soll, ist mit unserem heutigen Alaun bekannt gewesen und hat auch das Brennen desselben beschrieben. Später im dreizehnten Jahrhundert dehnte sich die Fabrikation des Alauns weiter aus und zu dieser Zeit bestand, nach den Nachrichten, welche Michael Ducas hinterlassen hat, in der Nähe von Smyrna eine Alaunsiederei, die von Italienern betrieben wurde, indem sie den Alaun durch Auslaugen und Krystallisiren zu gewinnen suchten. Ferner soll auch schon im Jahre 1248 zu Agnano im Neapolitanischen ein Alaunwerk errichtet worden sein, und in der Mitte des funfzehnten Jahrhunderts (nach anderen Angaben aber schon 1192?) entstanden auf der zum Königreich Neapel gehörigen Insel Sicilien Alaunwerke, welche von einem genuesischen Kaufmanne Bartholomäus Perdix oder Pernix angelegt wurden. In derselben Zeit (1458) errichtete Giovanni (Johannes) de Castro ein Alaunwerk zu Tolfa im Kirchenstaate, nachdem er die Kunst der Alaunfabrikation im Orient, woher sie überhaupt stammen soll, erlernt hatte. Der damals fabricirte Alaun wurde von den Genuesern und anderen handeltreibenden Völkern Italiens in das westliche Europa eingeführt und beim Rothfärben des Zeuges benutzt. Auch Basilius Valentinus, welcher in der zweiten Hälfte des funfzehnten Jahrhunderts lebte, erwähnt schon, daß Alaunwasser sich in Deutschland finde, und es ist nachgewiesen, daß in der zweiten Hälfte des sechszehnten Jahrhunderts an verschiedenen Orten, wie z. B. Oberkaufungen in Hessen, bei Lüneburg, Saalfeld in Thüringen, bei Plauen in Sachsen ꝛc. Alaunsiedereien existirten. — In England soll erst im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts durch Thomas Chaloner bei Gisborough in Yorkshire zuerst Alaun fabricirt sein.

Historische Nachrichten sprechen indessen dafür, daß man lange Zeit den Alaun mit Vitriol verwechselt hat, und Paracelsus (1493 bis 1541) war der Erste, welcher den Vitriol wegen seiner metallischen Basis von dem Alaun unterschied. Derselbe äußert sich in seinen Schriften (in seinem zweiten Tractate de generibus salium), wie uns Joh. Friedr. Gmelin in seiner Geschichte der Chemie mittheilt, folgendermaßen:

„Darum, dieweil der Vitriol der Veneri (dem Kupfer) dermaßen verwandt ist, und ist doch ein Salz, so wird er ein Mineral und nimmt sein Corpus aus dem Liquor der Metallen, darum flüssig und glenzig (glänzend) erscheint in seltsamer Form und Gestalt; der Alaun aber hängt in nichts den Metallen an, sondern ist frei ein Salz, das allein in der Säure steht, und nimmt sein Corpus aus der Vermischung der Erden; aber der Vitriol nicht, sondern allein aus der Vermischung der metallischen Corporen."

Noch länger währte es jedoch, bis man die Natur der in dem Alaun enthaltenen Thonerde und überhaupt denselben als ein Doppelsalz erkannte. Besonders vorherrschend war die Ansicht, daß die Basis des Alauns die Natur der Kalkerde besitze, und erst Marggraf zeigte im Jahre 1754, daß sie von dieser Erde ganz verschieden sei. Aber als ein aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali bestehendes Doppelsalz wurde derselbe erst durch Chaptal und Vauquelin (1797) auf eine überzeugende Weise nachgewiesen.

Die große Bedeutung, welche der Alaun bei den Alten als Heilmittel und für die Färberei hatte, scheint eine Zeit lang ganz in Vergessenheit gerathen zu sein, denn die Historiker des funfzehnten Jahrhunderts sprechen in ihren Schriften von den Alaunwerken so, als ob die Fabrikation dieses Salzes damals wieder eingeführt worden sei. Erst dann, als man entdeckte, daß man aus solchen Mineralien, die gewisse Schwefelverbindungen enthalten, Alaun ausziehen könne und an Alaun reiche Gesteine stets in der Nähe jener Mineralien vorkommen, fing man an nach und nach wieder Alaunwerke anzulegen.

Die Italiener bezogen ihren ersten Alaun aus der Levante, aber als diese Länder von den Türken erobert wurden, begannen die Christen selbst nach dem zur Darstellung desselben erforderlichen Material zu suchen. Die Italiener fanden bald alaunhaltige Mineralien in ihrem Boden und wurden mit der Kunst der Alaunsiederei bekannt, wodurch die orientalischen Fabrikanten großen Schaden erlitten. Das von Michael Ducas sehr genau beschriebene Alaunwerk bei Foya Nova in der Nähe von Smyrna ist schon seit langer Zeit aufgehoben worden. Francis und Griffith erwähnen, daß in Phocis, in Griechenland, ein alaunreiches Gestein gefunden und verarbeitet werde, welches man zu diesem Zwecke

erst im Feuer brenne und dann durch Eintauchen in Wasser in Pulverform zu bringen suche. Die feuchte Masse wird alsdann in einem Kessel unter Zusatz von Wasser aufgekocht und das Pulver von dem unveränderten Gestein abgeschlemmt. Ersteres läßt man 4 Tage lang sich auflösen, wonach der Alaun sich an den Wänden und auf dem Boden des Gefäßes in Krystallen absetzt. — Die Mutterlauge wird mit Wasser verdünnt und zu neuen Quantitäten Gestein benutzt.

Wie italienische Historiker berichten, so sollen die Alaunwerke in Civita-Vecchia die ältesten Europas sein; wenigstens sind sie die ältesten, welche jetzt noch betrieben werden. Sie haben ihre Errichtung dem bereits vorhin genannten Johannes de Castro zu verdanken, der zur Zeit der Eroberung Constantinopels als Verkäufer von italienischen Farben und Zeugstoffen dort lebte. Bei seiner Rückkehr nach Italien fand er in der Umgegend von Tolfa eine Pflanze (Ilex aquifolium, Stechpalme oder Hülse), welche er häufig in den Alaungegenden Asiens bemerkt hatte; er schloß hieraus, daß der dortige Boden dieselben Salze enthalte, und der süßlich zusammenziehende Geschmack desselben bestärkte ihn in seiner Vermuthung. Sogleich nach dieser Entdeckung wurden Fabriken errichtet, und das Product an die Venetianer, Florentiner und Genueser verkauft. — Die Alaunsteine wurden für die Gewinnung von Alaun zuerst geröstet, mit einer großen Menge Wasser in Berührung gebracht und die Lauge, nachdem alles Lösliche aufgenommen war, in großen bleiernen Pfannen gesotten, hierauf in hölzernen Gefäßen der freiwilligen Verdunstung und Krystallisation überlassen, wodurch ein sehr guter Alaun erzielt wurde. — Die erwähnte Pflanze, welche dem de Castro zu seiner Entdeckung Veranlassung gab, gilt noch heute bei den Italienern als Anzeichen für einen alaunhaltigen Boden, obgleich dieselbe auch häufig da vorkommt, wo sich nicht die Spur von Alaun findet, wie z. B. in den mehr nördlich gelegenen Gegenden Deutschlands, besonders in den Eichenwaldungen von Hannover, wo diese Pflanze sehr häufig wächst.

Der Papst Pius II. suchte sich ein Monopol für die Darstellung des Alauns zu verschaffen, indem er auf jede mögliche Weise bemüht war, die Fabrikation an sich zu ziehen, und Andere verhinderte, Alaunwerke anzulegen, indem er Jeden, der ihn von den Türken und Mauren kaufte, in den Bann that; jedoch konnte er dies nicht lange durchführen, da, wie erwähnt, im sechszehnten Jahrhundert auch schon Alaunwerke in Deutschland angelegt wurden.

So wurde z. B. schon in der ersten Hälfte des sechszehnten Jahrhunderts ein schwunghafter Betrieb auf Alaunerz auf dem Alaunwerk Schwemsal bei Düben getrieben. Seit Jahrhunderten wurde namentlich das südliche Deutschland, die Rheinprovinz und Westphalen mit Lütticher oder Lücker Alaun (von Ligge) versehen. Im Jahre 1806 befanden sich bei Lüttich längs der Maas 23 Alaunhütten, welche ihr Product von Köln aus versandten. Dasselbe war wegen seines geringen Eisengehaltes für die Türkischrothfärbereien sehr gesucht und wurde aus mit Holz geröstetem Alaunschiefer dargestellt, wobei die Holzasche das erforderliche Kali lieferte. Der Lücker Alaun wurde damals pro köln. Centner (106 Pfd.) zu 6½ Kronthaler à 2 Fl. 45 Kr. verkauft, während der meist nur in den Apotheken vorräthig gehaltene römische Alaun 9 Kronthaler pr. Ctr. kostete. Die zu jener Zeit schon bestehenden Alaunwerke zu Sulzbach bei Saarbrücken und Kreuzkirch bei Neuwied konnten wegen größeren Eisengehaltes die Concurrenz mit dem Lücker Alaun im Handel nicht bestehen. Seitdem aber im Jahre 1805 der Bergmeister Bleibtreu bei Bonn Alaunerde in seinem Braunkohlenfelde auffand und 1806 die erste Alaunhütte auf der Haardt bei Pützchen und 1809 daselbst eine zweite Fabrik anlegte, erwuchs dem Lücker Alaun eine bedeutende Concurrenz und zu dessen Verdrängung aus Deutschland trug im Jahre 1814 die Aufhebung des Continentalsystems wesentlich bei, so daß die Anzahl der Lütticher Alaunhütten bedeutend sank.

Den Bleibtreu'schen Anlagen folgten bald noch mehrere andere in den Rheinlanden, z. B. das Friesdorfer Werk, dann die Anlagen der Splicher Alaunhütte bei Siegburg, die Obercasseler in der Nähe der Bleibtreuschen, dann eine dritte Alaunhütte von Bleibtreu. Während die beiden älteren Alaunwerke von Willbert im Bergischen bei den herabgedrückten Alaunpreisen ihren Betrieb einstellen mußten, dehnten die Kreuzkircher und Sulzbacher Alaunhütten denselben aus. In Folge dessen wurden durch den billigen und reinen Alaun deutsche Fabrikstädte, wie Elberfeld und Barmen, gegenüber den belgischen und französischen Manufacturen kräftig gehoben, und haben die Bleibtreuschen Alaunwerke, durch welche die anderen erst hervorgerufen wurden, dem Vaterlande bedeutende Summen erhalten.

Kalialaun. Eigenschaften. — Der Kali- oder gewöhnliche Alaun — $KO.SO_3 + Al_2O_3.3SO_3 + 24HO$ mit 9,09 KO, 10,94 Al_2O_3, 33,68 SO_3 und 45,49 HO oder 36,21 schwefelsaurer Thonerde, 18,31 schwefelsaurem Kali und 45,48 Wasser; Aequivalentgewicht 474,5 oder 5931,5 — ist in heißem Wasser löslicher, als im kalten, wie die in nachfolgender Tabelle von Foggiale aufgestellten Lösungsverhältnisse ergeben:

100 Theile Wasser lösen von Kalialaun

	im krystall. Zustande	im wasserfr. Zustande
bei 0° C.	3,90	2,10
„ 10 „	9,52	4,99
„ 20 „	15,13	7,74
„ 30 „	22,01	10,94
„ 40 „	30,92	14,88
„ 50 „	44,11	20,09
„ 60 „	66,65	26,76
„ 70 „	90,67	35,11
„ 80 „	134,47	45,66
„ 90 „	209,31	58,64
„ 100 „	357,48	74,53

Es läßt sich im Allgemeinen annehmen, daß sich der Alaun in 18 Th. kalten und in weniger, als seinem gleichen Gewichte siedenden Wassers löst. Aus einer heiß bereiteten Lösung scheidet sich der größte Theil des Salzes beim Erkalten in farblosen oktaedrischen Krystallen aus, welche um so größer ausfallen, je größer die Menge der Lösung und je langsamer dieselbe erkaltet. Die Krystalle sind meist mehr oder weniger verzerrte

Oktaeder, zuweilen kommen Combinationen derselben mit Würfeln und Granatoedern vor. Regelmäßige, sehr große Krystalle werden dadurch erzeugt, daß man kleine Krystalle mit einer Fläche auf eine Glasplatte am Boden eines mit ganz gesättigter oder durch geringe Temperaturerhöhung etwas übersättigter Lauge gefüllten Gefäßes legt. Es zeigt sich hierbei jedesmal die Erscheinung, daß die aufliegende und die ihr parallele Oktaederfläche wächst und die übrigen sechs Flächen kleiner bleiben. Soll der Krystall regelmäßig werden, so muß man ihn öfter und lange Zeit (täglich 1 Jahr lang) umdrehen und auf eine andere Fläche legen.

Fügt man zur Alaunlösung noch ein anderes Salz, eine Säure oder eine Base, so erhält man nach Beudant veränderte oder ganz verschiedene Krystalle. Durch Salpetersäure werden die vier Ecken des Oktaeders abgestumpft; durch Salzsäure erhält man Ikosaederflächen; Borsäure bewirkt die Bildung von Würfelflächen, dasselbe einige Tropfen kohlensaures Kali oder Ammoniak oder ein sonstiges kohlensaures Salz, als Pulver in die Flüssigkeit gerührt.

Eine bei 100° gesättigte Lösung giebt beim Erkalten nur Oktaeder; dagegen in geschlossenen Gefäßen bei höheren Temperaturen gesättigt, Rhombendodekaeder und Trapezoeder.

Der Alaun hat einen süßlich zusammenziehenden Geschmack, starksaure Reaction, löst, ähnlich wie Schwefelsäure, manche Metalle, z. B. Eisen und Zink, unter Wasserstoffentwicklung und Bildung eines basischen Salzes auf und verwittert etwas, aber sehr langsam, in trockner Luft, woher er im Handel oft milchweiß undurchsichtig vorkommt. Bis zu 51° C. erhitzt, verliert der Alaun 18 Aeq. Wasser, bei 92° C. schmilzt er in seinem Krystallwasser und bleibt noch längere Zeit flüssig, bevor er erstarrt. Bei 120° C. verliert er nach Gerhardt $^5/_6$ seines Wassers, ohne in Wasser unlöslich zu werden, was aber bei 200° C. eintritt. Solcher wasserfreier unlöslicher Alaun kann auch durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf krystallisirten Alaun in der Wärme erhalten werden. Unter Wasser verwandelt sich dieses Product in 8 bis 10 Tagen wieder in oktaedrischen Alaun. Bevor der Alaun sein Wasser vollständig abgiebt, was nach Gerhardt bei 200°, nach Andern bei 300° C. geschieht, wird er zähflüssig, schäumt und läßt dann eine voluminöse Masse, den gebrannten Alaun (alumen ustum) zurück, welcher als schwaches Aetzmittel officinell ist und sich in Wasser nur höchst langsam wieder auflöst. Man stellt denselben in irdenen, nicht in eisernen, Gefäßen dar, welche wenigstens 20mal größer sein müssen, als das Volumen des angewandten Alauns. Der Weißglühhitze ausgesetzt, entläßt der Alaun die mit der Thonerde verbundene Schwefelsäure fast ganz, und zwar theils dampfförmig, theils als schweflige Säure und Sauerstoff, und es bleibt ein Gemenge von schwefelsaurem Kali und Thonerde zurück. Werden Alaunkrystalle einer Destillation unterworfen, so geht eine saure, aus verdünnter Schwefelsäure bestehende Flüssigkeit (der sogenannte Alaungeist der Alchymisten) über.

Mit Chlorkalium oder Chlornatrium erhitzt, entwickelt er Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure), in concentrirter Lösung aber, mit Chlorkalium gekocht, läßt er unter Entweichung von Chlorwasserstoffsäure einen schwerlöslichen basischen Alaun absetzen, mit Chlornatrium schwieriger und mit Salmiak fast gar nicht.

Versetzt man eine Lösung von Alaun in 20 Th. Wasser nach und nach mit Ammoniak, so bildet sich ein weißer gelatinöser Niederschlag, welcher nach gehörigem Auswaschen mit destillirtem Wasser und starkem Glühen reine Thonerde liefert, die, wie erwähnt, zu 10,94 Proc. im Alaun enthalten ist. Die frisch gefällte Erde löst sich leicht in Schwefelsäure und läßt bei dem Abdampfen neutrale schwefelsaure Thonerde zurück, die nur 2 Theile kalten Wassers zur Lösung bedarf. Wenn man zu einer Flüssigkeit, die dieses Salz enthält, nur so viel Ammoniak fügt, daß der entstandene Niederschlag durch Hinzufügung einer neuen Menge des Fällungsmittels noch vermehrt wird, oder so viel, daß die Flüssigkeit noch nicht nach Ammoniak riecht, so bildet sich statt der reinen Thonerde basisch-schwefelsaure Thonerde in Form eines weißen amorphen, in Wasser unlöslichen Niederschlages, der dreimal so viel Thonerde enthält, wie das neutrale schwefelsaure Salz. Wird frisch gefällte Thonerde in einer Lösung von Alaun gekocht, so verbindet sich ein Theil der Erde mit dem Salze und bildet dann die drittelbasisch-schwefelsaure Thonerde (unlöslicher Alaun), die außerdem noch entsteht, wenn man eine siedende Alaunlösung durch kohlensaure Alkalien unvollständig zersetzt, wo sie aber in dem letzteren Falle durch einen Ueberschuß von Alkali wieder aufgelöst wird.

In der Technik sogenannter neutraler Alaun, wahrscheinlich $Al_2O_3 \,.\, 2SO_3 + KO \,.\, SO_3$ (seiner Zusammensetzung nach basisch), bildet sich, wenn man eine Lösung von Alaun kalt mit Thonerdehydrat digerirt oder wenn man einer Auflösung von Alaun eine Lösung von kohlensaurem Kali oder Natron in kleinen Antheilen zusetzt. Der sogleich unter Entweichen von Kohlensäure entstehende Niederschlag wird sich im Anfange wieder auflösen; ist aber der Auflösung so viel von den kohlensauren Alkalien als möglich zugesetzt, ohne einen bleibenden Niederschlag zu erzeugen, so nennt man die Auflösung einen neutralen Alaun. Denn das zugesetzte kohlensaure Alkali wird nun der neutralen schwefelsauren Thonerde einen Antheil Schwefelsäure entziehen, so daß der neutrale Alaun basisch-schwefelsaure Thonerde enthält: $(KO \,.\, SO_3 + Al_2O_3 \,.\, 3SO_3) + KO = KO \,.\, SO_3 + (KO \,.\, SO_3 + Al_2O_3 \,.\, 2SO_3)$.

Beim Erhitzen der Lösung des neutralen Alauns scheidet sich der oben erwähnte unlösliche, noch basischere Alaun mit drittel-schwefelsaurer Thonerde ab, während gewöhnlicher Alaun in Lösung bleibt: $2(KO \,.\, SO_3 + Al_2O_3 \,.\, 2SO) = (KO \,.\, SO_3 + Al_2O_3 \,.\, 3SO_3) + (KO \,.\, SO_3 + Al_2O_3 \,.\, SO_3)$.

Der neutrale und unlösliche Alaun lassen sich als eine Verbindung des gewöhnlichen Alauns mit einer geringeren oder größeren Menge Thonerdehydrat ansehen, welches letztere beim Glühen sein Hydratwasser abgiebt, so daß sich aus geglühtem natürlichen Alaun durch Digestion mit Wasser gewöhnlicher Alaun ausziehen läßt, während Thonerde im Rückstande bleibt.

Läßt man die Lösung von neutralem Alaun an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten, so erhält

man Alaunkrystalle in Würfeln, sogenannten **cubischen Alaun**, der zuweilen auch unter dem aus Italien (gewöhnlich als **römischer Alaun**) importirten Alaun mit oktaedrischen Krystallen sich zusammen findet.

Nach **Persoz** und **d'Arcet** liefert dieser cubische Alaun Oktaeder, wenn man ihn bei 33° auflöst und krystallisiren läßt; beim Erhitzen der Lösung von cubischen Krystallen über 40° soll nach denselben eine Trübung und die Abscheidung eines basischen Salzes stattfinden, wonach der cubische Alaun in seinem Verhalten und seiner Zusammensetzung dem neutralen Alaun gleicht und mehr Thonerde enthalten müßte, als der oktaedrische. Nach neueren Untersuchungen von **Otto** und **v. Hauer** sind beide Alaunarten in ihrer Zusammensetzung gleich; der cubische scheidet beim Erhitzen kein basisches Salz ab und ist nur eine Combination mit vorherrschenden Würfelflächen. **Löwel** hat in dieser Beziehung umfangreiche Versuche angestellt, welche ebenfalls die letztere Ansicht bestätigen.

Um cubische Alaunkrystalle zu erhalten, wurde ein römischer Kalialaun in dem Drei- oder Vierfachen seines Gewichts Wasser aufgelöst, die Lösung von 20° bis 25° erhitzt und eine verdünnte Kalilösung in Weingeist nach und nach in kleinen Portionen zugesetzt, bis das bei einem jedesmaligen Zusatz niederfallende basische Thonerdesalz nicht mehr beim Schütteln der Flüssigkeit aufgelöst wurde, wie dieses Verfahren schon angegeben ist.

Die freiwillige Verdunstung dieser Lösung von Kalialaun lieferte sodann die cubischen Krystalle. Jedoch beobachtete **Löwel**, daß bei einigen ausgeführten Operationen die ersten sich absetzenden Krystalle noch Oktaeder waren, während sie bei anderen nach Verlauf von einigen Tagen die Gestalt schöner durchsichtiger, vollkommen ausgebildeter Würfel annahmen, und endlich bei anderen Lösungen war es wieder zweifelhaft, indem sich eine trübe Masse vor der Ablagerung der Krystalle zeigte. Die nach dem Zusatze einer Quantität Kali (etwa $1\frac{1}{2}$ Aeq. in Vergleich zu der im Alaun enthaltenen Thonerde) von dem Salze angenommene Gestalt war die der abgestumpften und würfeligen Oktaeder, aber bei einem weiteren Zusatze von ein wenig Alkali entstanden nur Würfel.

Als die Kalilösung in kleinen Portionen und mit großer Vorsicht zugesetzt wurde, stellte sich heraus, daß eine fast $1\frac{3}{4}$ Aeq. betragende Menge zugesetzt werden konnte, bevor ein Niederschlag erhalten wurde, welcher sich durch anhaltendes Schütteln der Flüssigkeit nicht mehr auflöste; solche Lösungen wurden indessen, obgleich nach dem Filtriren ganz klar, nach einiger Zeit vor der Ablagerung der Krystalle trübe.

Es scheint dem Vorausgeschickten zufolge nothwendig, wenigstens die Hälfte der in der schwefelsauren Thonerde des Alauns enthaltenen Säure zu entziehen, bevor Krystalle in Würfeln erhalten werden. Sobald einige auf diese Weise bereitete Lösungen eine gewisse Quantität, aber nicht ganz den Betrag der in der Flüssigkeit vorhandenen geliefert hatten, wurde die Flüssigkeit nach und nach trübe, und es setzte sich die basisch-schwefelsaure Thonerde ab. — Der zu diesem Verfahren benutzte Alaun wurde aus der Mutterlauge gewonnen, ehe sie trübe wurde, und hatte die Gestalt kleiner, schöner, durchsichtiger Krystalle von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Länge, welche gewaschen und vor jedem Experiment getrocknet wurden.

Beim Auflösen beider Salze in Wasser wurden vollkommen klare Flüssigkeiten erhalten, welche selbst während ihrer Concentration so blieben und beim Erkalten abgestumpfte Oktaeder lieferten. Die kalten Salzlösungen gaben selbst ohne Concentration ein gleiches Resultat. Der auf diese Weise erhaltene oktaedrische Alaun hatte genau dasselbe Gewicht des Alauns, welcher von dem cubischen Alaun aufgelöst wurde, ohne daß eine Spur des basischen Salzes sich während der Operation abschied. Diejenigen, welche mit dem cubischen Alaun Versuche anstellten und sagen, daß ein Antheil des basischen Salzes niedergefallen sei, müssen große, ovale, aus den trüben Lösungen erhaltene Krystalle benutzt haben. In diesem Falle kam das basische Salz dazwischen und bildete keine Vollständigkeit der Krystalle.

Der beschriebene Kalialaun widerstand der mittelst Schwefelsäure in einer Glasglocke getrockneten Luft wochenlang, ohne Verwitterung zu erleiden, obgleich es immer heißt, daß der Alaun sehr langsam an der Luft verwittere; **Löwel** giebt dagegen an, daß es richtiger sei, einzuräumen, daß keine Verwitterung stattfinde. Er brachte Krystalle von einem Alaun unter Glasglocken, in denen die Luft über Schwefelsäure getrocknet worden war, und fand, daß im Anfange die Krystalle einige Tausendtel ihres Gewichts an Wasser verloren, aber sogar Monate, selbst ein ganzes Jahr hindurch bei einer Temperatur bis zu 25° auch nicht die geringste Menge Wassers abgaben.

Die kleinen cubischen Krystalle wurden mehrere Stunden hindurch einer Temperatur von 70 bis 85 bis 100° ausgesetzt und endlich die Hitze nach einiger Zeit bis zu 360° gesteigert, und der Verlust belief sich auf 45,5 Proc. Correspondirende Resultate wurden durch eine ähnliche Behandlung kleiner Oktaeder des reinen Salzes erhalten und hiernach enthält der Alaun unter beiden Formen genau denselben Procentgehalt an Krystallwasser. Die Methode, dasselbe, wie bei dem vorhergehenden Salze, auszutreiben, wurde sehr zweckmäßig gefunden, insofern als durch eine solche Anwendung von Wärme die wässerige Schmelzung und das weitere Aufschwellen vermieden wurde.

Während des Trocknens wurde bemerkt, daß die Krystalle verwitterten und ein wenig zusammenschrumpften, indem sie zu gleicher Zeit in einem geringen Grade ohne Aufschwellen ihre Krystallform verloren.

Die Schwefelsäure, welche der Alaun enthielt, wurde auf gewöhnlichem Wege durch Fällung seiner siedenden Auflösung mit einem Ueberschuß von Chlorbarium bestimmt.

Die folgenden Analysen zeigen die Uebereinstimmung der durch drei Versuche gefundenen Schwefelsäure nebst dem berechneten Betrag:

Zusammensetzung.	Atomgewicht.	Berechnet.	Gefunden. I.	Gefunden. II.	Gefunden. III.
4 Aeq. Schwefelsäure	160	33,72	33,92	33,62	33,88
1 „ Thonerde	52	10,83	—	—	—
1 „ Kali	47	9,93	—	—	—
24 „ Wasser	216	45,52	45,5	—	—
	475	100,00.			

Löwel ist der Ansicht, daß der Umstand, welcher die Ablagerung von cubischen Alaunen veranlaßt, von einer Wirkung des durch die Lösung des thonerdehaltigen Alauns auf seine Moleküle ausgeübten Contacts, in deren Mitte er gebildet und nach und nach abgelagert wird, bedingt ist.

Der durch seine Reinheit ausgezeichnete römische Alaun (dessen Darstellung siehe später) kommt im Handel gewöhnlich in kleinen Krystallen vor, welche meist ein bestäubtes abgeriebenes Ansehen haben und zuweilen von einer beigemengten oder anhängenden eisenoxydhaltigen Erde röthlich gefärbt erscheinen. Eine von diesen Alaunsorten enthält, neben oktaedrischen Krystallen, mehr oder weniger cubische. Die kleinen, nicht zusammenhängenden, häufig sehr scharf ausgebildeten und röthlich gefärbten Krystalle deuten darauf, daß sie nicht durch Abkühlung, sondern durch langsame Verdunstung in der Wärme aus einer durch Schlamm getrübten Flüssigkeit abgeschieden sind.

Eine Nachbildung des römischen Alauns findet wohl auf die Weise Statt, daß man eine Alaunlösung mit so viel Potasche oder Soda versetzt, daß ein geringes bleibendes Präcipitat von basischem unlöslichen Alaun entsteht. Setzt man dieses unter häufigem Umrühren längere Zeit der Luft aus, so scheidet allmälig der unlösliche Alaun das in Lösung befindliche Eisenoxyd ab, und es entsteht eine eisenfreie Lösung, welche beim Verdampfen einen sehr reinen Alaun liefert. Durch Ueberziehen der Krystalle in einer rotirenden Tonne mit Ziegelmehl ertheilt man denselben die röthliche Farbe des römischen Alauns.

Manche Sorten des letzteren kommen aber auch in größeren Stücken mit faseriger Structur, undurchsichtig weißer Farbe und mattem, zerriebenem Ansehen im Handel vor.

Ein cubischer Alaun von Schwemsal enthielt nach K. Bleeser (a) und A. Schmidt (b):

	a.	b.
Schwefelsäure	34,52	33,95
Thonerde	11,86	11,48
Kali	9,44	9,04
Wasser	45,27	45,61
	101,09	100,08

Derselbe unterscheidet sich im Wesentlichen nicht vom gewöhnlichen oktaedrischen Alaun und enthält nur sehr kleine Spuren von Eisen.

Vor dem Löthrohr schmilzt der Alaun im Glaskolben in seinem Krystallwasser, bläht sich auf, giebt viel saures Wasser und entwickelt schweflige Säure, wenn man den Rückstand stark glüht. Mit Kobaltsolution befeuchtet, nimmt derselbe eine blaue Färbung an und der entwässerte, unschmelzbare Alaun färbt in der Pincette die äußere Flamme violett von Kali. Die Schwefelsäure kann mittelst des Silberbleches nachgewiesen werden.

Der Alaun wird besonders in der Färberei als Beize angewandt und sein Handelswerth hängt hauptsächlich vom Eisengehalte ab. Derselbe wird um so geringer, je öfter man den Alaun umkrystallisirt. Auch kann man das Eisenoxyd aus eisenhaltigem Alaun dadurch abscheiden, daß man die Lösung des letzteren mit wenig kohlensaurem Kali versetzt und mit dem dadurch niedergeschlagenen basischen Alaun digerirt. Dabei geht Thonerde in Lösung und Eisenoxyd fällt aus.

Das eigentlich wirksame Princip im Alaun ist die schwefelsaure Thonerde, welche aber bei ihrer leichten Löslichkeit in Wasser (1 Th. davon in 2 Th. kaltem Wasser) und ihrer schweren Krystallisirbarkeit sich nur schwierig von Eisen befreien läßt. Man scheut deshalb meist nicht die Kosten und verbindet dieses Salz mit schwefelsaurem Kali zu einem im Wasser schwerer löslichen und durch wiederholte Krystallisation — selbst bei unreineren, aber wohlfeileren Rohmaterialien — leichter und vollständiger von Eisen zu befreienden Salze, dem Alaun, dessen äußere Form schon die Garantie für die gleichmäßige chemische Zusammensetzung und Reinheit liefert.

Man zieht deshalb in Färbereien meist noch den Alaun, obgleich der unwirksame Bestandtheil darin, das schwefelsaure Kali, der theuerste ist und durch die Menge des vorhandenen Krystallwassers das Gewicht des wirkenden Stoffes sehr vermehrt wird, der schwefelsauren Thonerde vor.

Da Ammoniak- und besonders Natronalaun in Wasser leichter löslich sind, als Kalialaun, so sind erstere weniger leicht eisenfrei zu erhalten, als letzterer, und man zieht deshalb zur Erzeugung delicater Farben den eisenfreien Kalialaun allen anderen Thonerdeverbindungen vor.

Der in neuerer Zeit mehrfach fühlbar gewordene Mangel an billigen Kalisalzen (Seifensiederfluß, Rückständen von der Salpetersäurebereitung) zur Alaunbereitung — in Folge der jetzt allgemeineren Anwendung von Soda zur Seifenbereitung und des Chilisalpeters statt Kalisalpeter (zur Darstellung von Salpetersäure) — hat eine Beschränkung der Kalialaunfabrikation herbeigeführt und zur vermehrten Darstellung von Ammoniakalaun gezwungen, wofür das ammonikalische Wasser der Leuchtgasfabriken das Ammoniaksalz liefert. In vielen Fällen kann der Ammoniakalaun den Kalialaun vertreten; in verhältnißmäßig geringerer Menge wendet man aber den in 2 Th. kaltem Wasser löslichen Natronalaun an, der indessen in neuester Zeit fabrikmäßig dargestellt wird. Dagegen hat die Bereitung der schwefelsauren Thonerde mittelst Schwefelsäure und möglichst eisenfreier thonerdehaltiger Mineralien einen größeren Umfang angenommen, seitdem die Schwefelsäure billiger geworden.

Ein Eisengehalt im Alaun ertheilt bei Anwendung desselben als Beize, z. B. der Baumwolle, eine äußerst schwer zerstörbare, aber schmutzige Rostfarbe, worunter jede zartere Farbe leidet. Man giebt deshalb in der Schönfärberei dem fast eisenfreien römischen Alaun den Vorzug. Bei den mittleren Sorten pflegt der Eisengehalt zwischen zwei bis drei Tausendtheilen zu schwanken, und dann schon in der Färberei nachtheilig zu wirken. Alaun mit $1/_{1000}$ Eisenoxyd ist für feinere Farben, namentlich auf Seide und Baumwolle, nicht brauchbar.

Die empfindlichsten Reagentien auf Eisen im Alaun sind Rhodankalium und Blutlaugensalz; Galläpfeltinctur, welche dunkle Färbungen damit hervorbringt, wirkt weniger scharf. Bei dem allergeringsten Eisen-

oxydgehalt erzeugt **Rhodankalium** eine röthlich gelbe, bei mehr Eisenoxyd eine intensiv blutrothe Färbung; Eisenoxydul wird davon nicht angezeigt. **Blutlaugensalz**, etwas weniger empfindlich, giebt bei Vorhandensein von Eisenoxydul einen bläulich weißen, bei Eisenoxyd einen blauen Niederschlag, Eisenkaliumcyanid resp. ein blaues Präcipität oder kein Präcipität und eine bräunliche Färbung. Zeigt sich nach dem Zusatze des Blutlaugensalzes sogleich oder nach einigen Minuten eine blaue Färbung (z. B. in manchen deutschen, englischen und französischen Alaunen), so ist der Eisengehalt in der Färberei schädlich. Bei römischem Alaun tritt die Färbung erst nach 2 bis 3 Stunden hervor und deutet dann auf einen nicht zu fürchtenden Eisengehalt. Bei mehrmals umkrystallisirten Sorten ist oft nach 12 bis 24 Stunden noch kein blauer Niederschlag bemerkbar und es ist das dann ein Zeichen völliger Reinheit, wie beim neapolitanischen Alaun.

Da, wie vorhin (S. 47) angegeben, Alaun ähnlich wie Schwefelsäure wirkt, so entsteht **beim Erwärmen** einer mit Blutlaugensalz versetzten Alaunlösung — auch bei Abwesenheit von Eisen — ein bläulich weißer oder grünlich weißer pulveriger Niederschlag, wie mit Schwefelsäure, welcher nach **Everitt**, **Mitscherlich** und **Williamson** wahrscheinlich aus KaCy + FeCy besteht. Gleichzeitig findet eine Ausscheidung von voluminösem Thonerdehydrat Statt, indem ein Theil des Thonerdesalzes seines Lösungsmittels beraubt wird. Bei gewöhnlicher Temperatur tritt diese Reaction nicht ein und muß deshalb die Prüfung des Alauns auf Eisen mit Blutlaugensalz bei einer solchen vorgenommen werden.

Die **Zusammensetzung des reinen künstlichen Alauns** ergiebt sich aus nachstehenden Analysen:

	Thompson.	Thenard.	Vauquelin.	Graham.	Berechnet.
Kali	9,86	10,02	10,40	—	9,95
Thonerde	11,09	12,53	10,50	54,11	10,83
Schwefelsäure	32,85	26,04	30,52	—	33,71
Wasser	46,20	51,41	48,58	45,89	45,51
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ein neuerdings importirter **chinesischer Alaun** enthält:

Schwefelsäure	34,06
Thonerde	11,38
Kali	10,44
Wasser	43,12
Verlust	1,00
	100,00

Die deutschen und theilweise auch die englischen Alaune enthalten Kali, manche englische, sowie die französischen und belgischen Ammoniak oder Kali und Ammoniak zusammen. Selbst die besseren Alaune enthalten etwas Eisen, z. B. der Lütticher 0,001, der von Javelle bei Paris 0,0008, von Aveyron 0,0011, der englische 0,0012. Wie bereits bemerkt, hinterläßt der römische Alaun beim Auflösen einen röthlichen Schlamm, und der als Eisenalaun vorhandene lösliche Theil Eisenoxyd beträgt höchstens 0,0005. Nur der neapolitanische Alaun ist eisenfrei.

Darstellung des Kalialauns. Die zur Darstellung des Alauns angewandten **Materialien** sind entweder:

1) solche, in denen sämmtliche zur Alaunbildung erforderlichen Bestandtheile enthalten sind (**natürliche Alaune**, **Alaunstein**, **manche Alaunschiefer**), oder

2) solche, welche nur die zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde erforderlichen Elemente enthalten und einen Zusatz von Alkali erfordern (die meisten **Alaunschiefer**, die **Alaunerden**, **thon- und schwefelkieshaltige Braun- und Steinkohlen**), und

3) solche, welche nur die Thonerde enthalten und denen Schwefelsäure und Alkalien zugesetzt werden müssen (**Thon**, **Kryolith**) oder nur Schwefelsäure (**Feldspath**).

Bei Weitem der größte Theil Alaun wird aus Alaunerden und Alaunschiefern gewonnen; die Erze der ersten Classe kommen nur in untergeordneten Mengen vor, dagegen nimmt in neuerer Zeit die Alaungewinnung aus Materialien der dritten Classe an Umfang zu, weil sie einfacher ist und keine eigentlichen, seltener vorkommende Alaunerze erfordert.

I. **Darstellung von Kalialaun aus Materialien, welche sämmtliche zur Alaunbildung erforderlichen Bestandtheile enthalten.** Als solche Materialien sind hauptsächlich zu bezeichnen:

A. **Natürlich vorkommender Kalialaun.** Derselbe ist in reinem Zustande bisher noch nicht vorgekommen, findet sich aber gewöhnlich dem Haarsalz ($Al_2O_3 \cdot 3SO_3 + 18HO$) beigemengt und geht auch wohl in Manganalaun (Analyse a, b) und Eisenoxydulalaun (Analyse c, d, e) über. Derselbe ist als secundäres Erzeugniß in vulcanischen Gegenden durch Einwirkung von schwefliger Säure auf Trachytgesteine und Laven entstanden, welche Thonerde und Kali enthalten, und findet sich dann in Form einer ausgewitterten weißen flockigen Masse, z. B. auf der Insel Sicilien und den in der Nähe der nördlichen Küste Siciliens gelegenen Inseln (Vulcano und Milo), vorzugsweise in der Alaungrotte auf dem Cap von Miseno und in der Solfatara bei Neapel. Nach **Dana** findet sich auch Alaun im östlichen Theile von Tennessee in größeren Massen. Nach **Klaproth** waren in einem Salzgemenge vom Cap Miseno 47 Proc. krystallisirter Alaun, 2,5 Proc. Gyps und 12 Proc. unlösliche Stoffe enthalten, der Rest bestand aus Haarsalz.

Einen ähnlichen Ursprung haben die Alaungebilde in den Brandfeldern der Steinkohlenlager, z. B. zu Duttweiler im Saarbrückschen und in Frankreich im Departement des Aveyron. **Dieffenbach** fand in Neuseeland einen See, dessen Wasser Alaun enthielt. Manganalaune vom großen Salzsee in Utah ergaben nach **Smith** (Analysen a u. b), Eisenalaun (Federalaun) von Mörsfeld in Rheinbaiern nach **Rammelsberg** (Analyse c) und von Puzzuoli nach **Dufrenoy** (d) und **Abich** (e) einen Kaligehalt:

	a.	b.	c.	d.	e.
Schwefelsäure	35,85	35,92	36,03	45,67	48,32
Thonerde	10,40	10,65	10,91	3,27	2,20
Manganoxydul	2,12	2,41	—	—	—
Eisenoxydul	—	—	9,37	28,69	11,60
Eisenoxyd	0,15	0,09	—	—	17,65
Magnesia	5,94	5,65	0,23	—NaO	0,25
Kali	0,20	0,20	0,43	5,47	4,04
Wasser	46,00	46,75	43,03	15,77	15,94

Eine vollständige Zusammenstellung sonstiger Alaunanalysen giebt Rammelberg's Handbuch der Mineralchemie 1860 S. 285.

Zur Darstellung von Alaun wird zu Solfatara die alaunhaltige verwitterte Lava von der Härte des Mergels in bleiernen Kesseln von $2\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe und Weite mit Wasser digerirt, welche unter Bedachung in die Erde eingegraben sind. Ohne sonst Feuer zu Hülfe zu nehmen, benutzt man als Wärmequelle die in dieser Gegend auf 40° steigende Temperatur des Bodens. Nachdem sich die Lösung geklärt, läßt man sie zur Krystallisation verdampfen und krystallisirt die gebildeten kleinen, mit einem röthlichen Schlamm umgebenen, theils cubischen Krystalle (S. 51) nochmals um, oder trennt sie durch Waschen mit frischer Alaunlauge unvollkommen davon. Das Quantum dieses, im Handel wegen seiner fast absoluten Reinheit sehr beliebten Productes (neapolitanischer Alaun) ist im Verhältniß zum Verbrauch dieses Salzes in Europa sehr gering.

B. Alaunfels und Alaunstein (Alunit, Alaunspath). Der Alaunfels ist eine durch Wirkung vulcanischer schwefliger Säure oder von Schwefelwasserstoffgas und Wasserdämpfen auf Trachyt (Feldspathlava) gebildete poröse Gebirgsart, welche in untergeordneten Lagern im Trachyt, Bimsteinconglomerat und ähnlichen vulcanischen Gebirgsarten im Ganzen nur an wenig Orten auftritt, z. B. zu Tolfa bei Civita-Vecchia im Kirchenstaate, zu Montione im Herzogthum Piombino, im Beregher und Zempliner Comitat, besonders bei Tokay in Ungarn, auf den Inseln Milo, Argentina und Nipoligo im griechischen Archipel, am Mont d'Or in Frankreich, in Kleinasien 2c. Die deutschen Trachytgebirge (Siebengebirge, Kaiserstuhl im Breisgau, Rhöngebirge 2c.) scheinen noch nicht auf Alaungesteine untersucht zu sein.

Dieser Alaunfels besteht im Wesentlichen aus einem dichten, bisweilen krystallinisch-körnigen Gemenge von Alaunstein (Alunit) und Quarz, von gelblich-, graulich-, röthlich-, bräunlich- und grünlich-weißer Farbe, in welchem noch andere Einmengungen, wie Schwefeleisen, Eisenoxyd, Manganerze, Chalcedon 2c. vorkommen. In dem Alaunfels und Trachyt findet sich der Alaunstein entweder in kleinen feinkörnigen Krystallen von rhomboedrischer Form, oder in erdigen, dichten Aggregaten auf Gängen, vorzüglich in Klüften und Drusenräumen mit Quarz mehr oder weniger gemengt (Tolfa, Mont d'Or, Puy de Lancy, Auvergne, griechische Inseln), ferner derb und porös in den vulcanischen Gebirgen Ungarns (z. B. Beregszasz, Muzsay). Das äußere Ansehen läßt beim Durchforschen der Trachytgebirge nicht immer den Alaunstein erkennen. Zu diesem Zwecke muß das Gestein gebrannt, ausgelaugt, die Lauge verdampft und abgekühlt werden, wobei bei Vorhandensein von Alaunstein Alaunkrystalle anschießen. Außer zu Tolfa findet sich eine Nutzung des Alaunsteins zu Alaun in Ungarn bei Beregszasz, sowie in Kleinasien zwischen Samsün und Chabsana-Karhissar, wo man nach einem rohen Verfahren 20 bis 30 Proc. Alaun aus dem Gestein gewinnt.

Nach Coquand bildet sich der eisenfreie Alaunstein in den Solfataren Toskanas aus den Kalksteinen untergeordneten Schiefern dadurch, daß sich lösliche Eisenverbindungen erzeugen, welche beständig ausgewaschen werden, und unlöslicher Alunit zurückbleibt.

Nach neueren Analysen enthalten der römische und ungarische Alaunstein, welche dieselbe Form haben, dieselbe Zusammensetzung von $KO.SO_3 + 3(Al_2O_3.SO_3)$, weichen aber im Wassergehalte ab, indem ersterer (A) 9 und letzterer (B) 6 Aeq. Wasser enthält bei folgender procentischer Zusammensetzung:

	A.	B.
Schwefelsäure	36,18	38,53
Thonerde	34,84	37,17
Kali	10,66	11,35
Wasser	18,32	12,95

Die unten folgenden Analysen l und o entsprechen der Zusammensetzung A, die Analysen i und m der Zusammensetzung B. Alex. Mitscherlich leitet aus den Analysen f und l nachstehende Formel ab: $KO.SO_3 + Al_2O_3.3SO_3 + 2(Al_2O_3.3HO)$. Aeltere Analysen weichen zum Theil von dieser Zusammensetzung ab und weisen namentlich einen größeren Thonerdegehalt nach, was wahrscheinlich von einer Beimengung von Thonerdesilicat im Alaunfels herrührt.

Nach den Analysen von Rammelsberg und Cordier ist der Alaunstein als eine in Wasser unlösliche Verbindung von gewöhnlichem Alaun mit Thonerdehydrat oder als sehr basischer unlöslicher Alaun (S. 48) zu betrachten, aus welcher sich ersterer durch Wasser ausziehen läßt, nachdem durch Glühen das Thonerdehydrat zerstört worden (S. 48).

Analyse von Alaunfels.

	Tolfa. a. Vauquelin.	Tolfa. b. Klaproth.	c. Ungarn, Beregszasz. Klaproth.	d. Gleichenberg in Steyerm. Fridau.
Kieselsäure	24,00	56,5	62,25	50,71
Schwefelsäure	25,00	16,5	12,50	16,50
Thonerde	43,92	19,0	17,50	19,06
Kali	3,08	4,0	1,00	3,97
Eisenoxyd	—	—	—	1,13
Kalk	—	—	—	0,56
Magnesia	—	—	—	0,41
Kieself. Kali	—	—	—	0,31
Schwefelsaure Magnesia	—	—	—	0,09
Chlormagnesium	—	—	—	0,03
Wasser	4,00	3,0	5,00	7,23

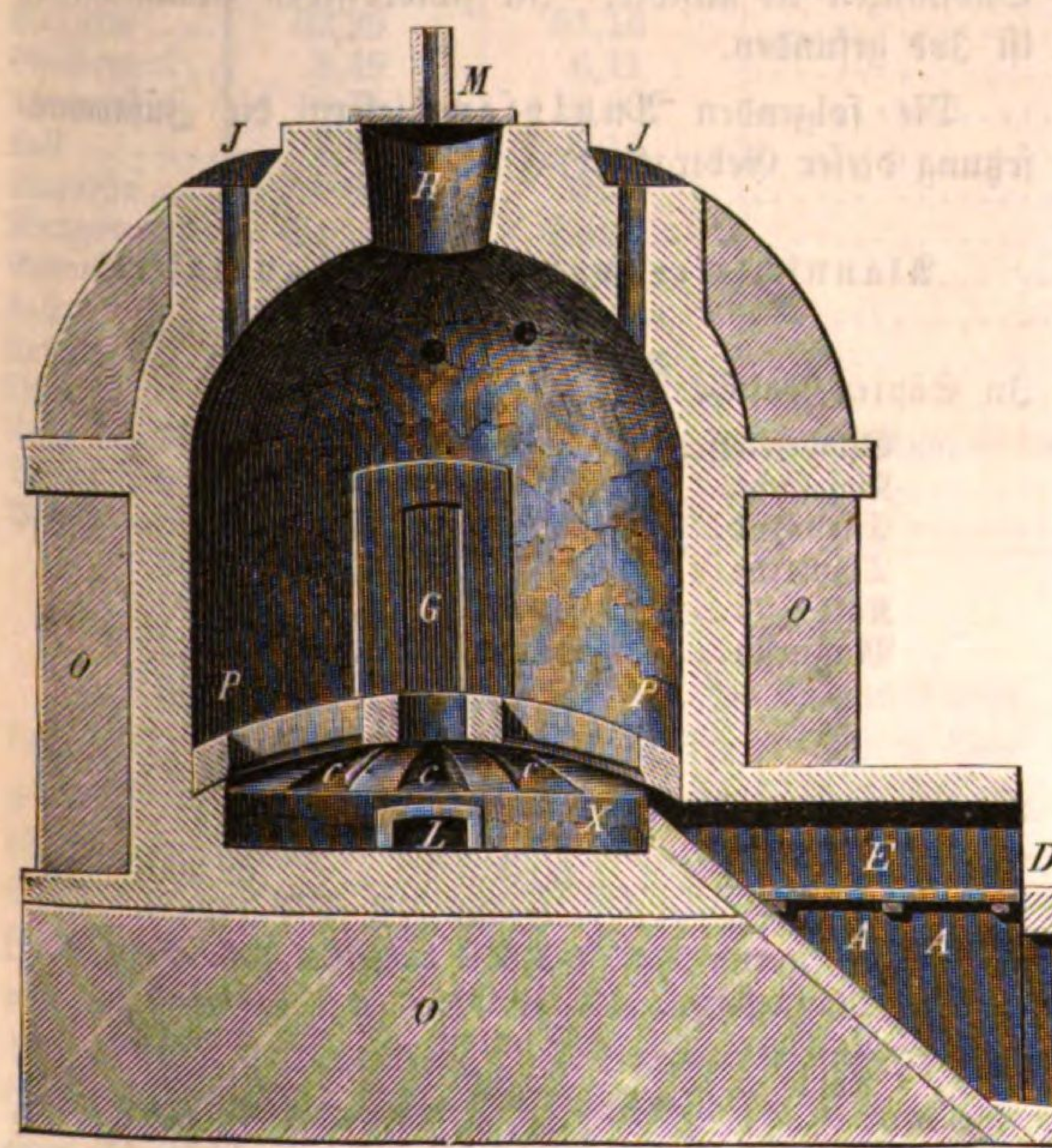
Analysen von Alaunstein.

	e.	f. Tolfa.	g.	h. Beregszasz.	i. Muzsay.	k. Montioni, Toskana.	l. Muzsay.	m. Milo.	n. Mont d'Ore.	o. Zabreze, Oberschlef.
	Rammelsberg.	Mitscherlich.	Cordier.	Berthier.	Rammelsberg.	Collet-Descotils.	Mitscherlich.	Sauvage.	Cordier.	Löwig.
Kieselsäure ..	1,94	—	—	26,5	26,88	—	12,57	19,0	28,40	—
Schwefelsäure	36,94	38,63	35,50	27,0	28,91	35,6	36,93	31,0	27,00	36,06
Thonerde	34,02	36,83	39,65	26,0	27,15	40,0	39,15	30,0	31,80	34,53
Eisenoxyd ...	—	—	—	4,0	Spur	—	CaO 0,49	—	1,44	—
Kali	10,38	8,99	10,02	7,3	7,80	13,8	10,67	9,4	5,80	10,45
Wasser	16,72	12,22	14,83	8,2	9,26	10,6	12,57	10,6	3,72	18,96
Natron	—	1,84	—	—	—	—	BaO 0,19	—	—	—
Kalk	—	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
Baryt	—	0,29	—	—	—	—	—	—	—	—

Vor dem Löthrohr im Glaskolben entläßt der Alaunstein Wasser und schweflige Säure, ohne zu schmelzen, und nimmt mit Kobaltsolution eine schön blaue Farbe an; das krystallisirte Mineral zerknistert. Von Wasser wird es gar nicht, von Salzsäure nur wenig angegriffen, ist aber in Schwefelsäure und Kalilauge löslich. Nach dem Glühen läßt sich durch Wasser Alaun ausziehen und der Rückstand ist in Salzsäure löslich. Gewöhnlich enthält der Alaunstein Quarz oder Thonerdesilicate beigemengt.

Die Darstellung des Alauns aus Alaunstein beruht nun darauf, daß man demselben durch nicht zu starkes Glühen Wasser entzieht, wobei unter Zurücklassung von unlöslicher Thonerde in Wasser löslicher Alaun entsteht (S. 48), wenn man den gebrannten Stein unter beständigem Anfeuchten mit Wasser einige Zeit liegen

Fig. 8.



läßt. Man hält das Glühen für beendigt, wenn sich Dämpfe von Schwefelsäure oder schwefliger Säure zu entwickeln anfangen, indem sich bei starker Glühhitze auch die schwefelsaure Thonerde des Alauns zerlegt (S. 47). Alle Schwefelsäure ist selbst durch die stärkste Glühhitze nicht zu entfernen.

Dieses Glühen des Alaunsteins oder Alaunfelses wird in der Weise ausgeführt, daß man die Steinmassen entweder, wie in Civita-Vecchia, in Haufen, oder, wie zu Tolfa im Kirchenstaate, in niedrigen Schachtöfen, welche an Form den Kalköfen (s. Fig. 8) ähneln, mäßig glüht. Der 1 Fuß hoch über dem Boden befindliche Bogen P trennt den inneren Raum dieses Ofens, dessen äußere Wände OO aus einem Material construirt sein müssen, welches die Wärme möglichst schlecht leitet, in zwei Abtheilungen, von denen die obere, welche die Stücke des Alaunsteins theils durch die Thür G, theils durch die große Oeffnung H aufnimmt, mit 8 Zuglöchern J versehen ist, denen sich die Röhre M in dem Deckel noch als neunter Schornstein anschließt. — Die untere Kammer steht mit dem Feuerraume E in Verbindung, welcher sich vor dem Ofen befindet und durch D gespeist wird; der Zug kommt aus dem Aschenfall C und geht durch den Rost A, auf welchem sich das Feuer befindet. X ist der Punkt unter dem durchbrochenen Bogen, wo die Flamme in den Ofen gelangt, welche alsdann mittelst der Oeffnungen ccc mit dem Gestein in Berührung gebracht wird, von wo sie dann endlich durch die Oeffnungen JJ im oberen Gewölbe entweicht. — Eine zu starke Hitze muß indessen vermieden werden, denn wenn diese ein schwaches Glühen übersteigt und eine starke Rothglühhitze eintritt, so wird nicht nur das Thonerdehydrat in Thonerde und Wasser zerlegt, sondern eine Zersetzung der schwefelsauren Thonerde in wasserfreie Schwefelsäure, schweflige Säure und Wasser erfolgen. Soll also kein Verlust erlitten werden, so darf die Temperatur niemals eine gewisse Grenze überschreiten, welche in diesem Falle dadurch beschränkt wird, daß man an den betreffenden Stellen die Zuglöcher JJ schließt und die Wärme mehr den etwa noch nicht reichlich erhitzten Stellen zuströmen läßt. Die Uebertretung der angemessenen Temperatur wird, wie bemerkt, durch die Entwicklung schwefligsaurer Dämpfe erkannt, und

zeigt sich diese an mehreren Stellen, so wird meistens die Röstung beendigt. — Die Oeffnung L des Ofens dient endlich zum Reinigen der unteren Kammer, muß aber, sowie auch die Thüren G und H, während des Heizens möglichst luftdicht verschlossen werden.

Die andere Methode der Röstung, wie sie in Civita-Vecchia angewendet werden soll, wird in der Weise ausgeführt, daß man den in Stücke zerschlagenen Alaunstein mit Brennmaterial in Haufen schichtet, dieses anzündet und den Verbrennungsproceß durch Einstechen von Zuglöchern und Bedecken unter denselben Vorsichtsmaßregeln leitet.

Ist nun entweder nach jener oder dieser Methode der Röstungsproceß 2 bis 3 Monate lang fortgesetzt, so werden die geglühten Alaunstein- oder Alaunfels-Stücke in gemauerten Behältern täglich mehrmals mit Wasser angefeuchtet und der nach einigen Monaten erhaltene Brei in großen Siedpfannen, deren Boden aus Kupfer und der Sturz aus Mauerwerk besteht, mit heißem Wasser ausgelaugt. Harte unlösliche Knollen werden ausgehalten und nochmals gebrannt, die Schlammmasse ausgeschlagen und nochmals mit kaltem Wasser extrahirt. Die bei 40 bis 45° bis 1,114° B. eingedampfte Soollauge wird zur Krystallisation in hölzerne Fässer gebracht, wobei sich ein rosenrother Schlamm (merdacio) mit absetzt, welcher den Krystallen eine charakteristische schwach rosenrothe Färbung ertheilt, beim Auflösen des Alauns im Wasser aber zurückbleibt. Die geklärte Mutterlauge giebt bei weiterem Abdampfen und Abkühlen hauptsächlich cubischen Alaun. Während der neapolitanische Alaun ganz eisenfrei ist, so hält der römische Alaun doch Spuren davon (S. 53), ist aber im Handel sehr gesucht.

Das in dem Alaunstein enthaltene Eisenoxyd geht beim Befeuchten des gebrannten Erzes mit Wasser entweder gar nicht in Lösung oder wird, wenn dieses der Fall sein sollte, durch vorhandenen basischen Alaun oder die überschüssige Thonerde dabei wieder ausgeschieden (S. 51). Das Eisenoxyd im echten römischen Alaun ist, wie bereits bemerkt, nur mechanisch beigemengt; es läßt sich jedoch meist durch Rhodankalium auch eine Spur aufgelöstes Eisen darin nachweisen.

Brescius fand im rohen (a) und gebrannten Alaunstein (b) von Tolfa im Wesentlichen nachstehende Bestandtheile:

	a.	b.
Thonerde	34,981	57,334
Kali	8,011	14,447
Eisenoxyd	2,110	1,219
Schwefelsäure	37,446	22,222
Kieselsäure	1,894	2,437
Wasser	14,444	1,300
	98,886	98,959

Die Analyse b weist einen zu stark gebrannten Alaunstein nach, aus dem sich durch Wasser alles schwefelsaure Kali, aber zu wenig schwefelsaure Thonerde ausziehen ließ, um Alaun zu geben. Wird der Alaunstein zu schwach gebrannt, so bleibt das noch unzersetzte Thonerdehydrat mit einem Theile des Alauns zu einem basischen Salze vereinigt und ist unlöslich. Nur wenn das Hydrat alles Wasser verliert, erfolgt die größte Ausbeute an Alaun.

C. Manche Alaunschiefer. Der Alaunschiefer ist ein hauptsächlich im Silur und Devon vorkommender, dem Thonschiefer ähnlicher, von Bitumen grau-schwarz gefärbter, matter oder metallisch-hellglänzender Schiefer, mit Ueberresten organischer Körper, gemengt mit Thon, feinzertheiltem Schwefelkies, sowie etwas kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia.

Er bildet, obgleich sein Vorkommen nicht so allgemein, wie das mancher anderen Gebirgsarten, an manchen Orten Lager von beträchtlichem Umfange, vorzugsweise in Skandinavien, bei Lautenthal am Harz, bei Garnsdorf und Wetzelstein unweit Saalfeld, bei Gräfenthal in Thüringen, Reichenbach im sächsischen Voigtlande, Schlesien, im Fichtelgebirge, am Niederrhein, in England bei Whitby, in Schottland bei Hurlet und Campsie, in der Umgegend von Glasgow, am Ural und in manchen anderen Gegenden, wo er jedoch nicht in hinreichender Menge vorkommt und nicht von praktischem Interesse zu sein scheint.

Nach Forchhammer's Ansicht ist der Alaunschiefer aus der Verwesung von Fucusarten, der Reduction des in ihnen enthaltenen schwefelsauren Kali's zu Schwefelkalium und dem Niederschlag des im Meerwasser enthaltenen Eisens im Zustand von Eisenkies hervorgegangen, welches sich nebst dem Kali mit dem Thon, den kohligen Substanzen ꝛc. mischte. In schwedischen Alaunschiefern ist Jod gefunden.

Die folgenden Analysen liefern die Zusammensetzung dieser Gebirgsart:

Alaunschiefer, von Erdmann analysirt:

	Garnsdorf.	Wetzelstein.
In Säuren lösliche Theile:		
Schwefeleisen	7,533	10,166
Kieselerde	0,060	0,100
Eisenoxyd	0,966	2,466
Thonerde	1,833	3,166
Kalk	0,400	1,000
Magnesia	Spuren	1,022
	10,792	17,920
In Säuren unlösliche Theile:		
Kieselerde	50,066	52,200
Thonerde	8,900	17,900
Eisenoxyd	1,300	3,366
Magnesia	1,000	1,153
Kalk	Spuren	Spuren
Kohle	22,839	0,803
	84,099+10,792	75,402+17,920
Verlust	5,103	6,678
	100,000	100,000

Bestandtheile.	Fundort unbekannt. d'Aubisson.	Dunmeniß, Devonshire. Stokes.	Gaggenau, Baden. Holtzmann.	Niederselters, Nassau. Wimph.	Goslar (Harz). Frick.	Bendorf b. Coblenz. Frick.	Lehsten, Thüringerwald. Frick.	Prag. Pleischl.
Kieselerde	48,6	59,4	64,34	79,17	60,03	62,83	64,57	67,50
Thonerde	23,5	17,4	23,90	10,42	14,91	17,11	17,30	15,89
Eisenoxyd	11,3	11,6	9,70	6,27	8,94	8,23	7,46	5,85
Manganoxyd ..	0,5	—	—	—	—	—	—	0,08
Kalk	—	2,1	—	—	2,08	0,83	1,16	2,24
Magnesia	1,6	2,2	—	—	4,22	1,90	2,60	3,67
Kali	4,7	—	—	—	3,87	4,17	1,99	1,23
Natron	—	—	—	—	—	—	—	2,11
Strontian	—	—	—	—	—	—	—	0,30
Kupferoxyd ...	—	—	—	—	0,28	0,27	0,30	—
Fluorcalcium ..	—	—	—	—	—	—	—	} 1,13
Phosphorsäure	—	—	—	—	—	—	—	
Schwefel	0,1	—	—	—	—	—	—	—
Kohle	0,3	—	—	—	—	—	—	—
Kohlensäure ...	—	—	—	—	} 5,67	4,66	4,62	—
Wasser	7,6	6,4	2,22	2,78				—
Verlust	1,8	0,9	—	1,36	—	—	—	—
	100,0	100,0	100,16	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Die nächsten Analysen belehren uns über die Zusammensetzung einiger Alaunschiefer von Whitby in Yorkshire und von Hurlet und Campsie bei Glasgow.

Bestandtheile.	Whitby. Obere Lage.	Richardson. Untere Lage.	Campsie. Obere Lage.	Obere Lage.	Untere Lage.	Hurlet. Nach Wilson.
Schwefeleisen.	4,20	8,50	{ Schwefel 22,36	23,44	{ Schwefelkies 9,63	} 11,13
			Eisen 18,16	15,04		
Kieselerde	52,25	51,16	 15,40	15,40	0,47	48,28
Eisenoxydul ..	8,49	6,11	.... —	—	2,18	3,72
Thonerde	18,75	18,30	 11,35	11,64	18,91	26,96
Kalk	1,25	2,15	 1,40	2,22	0,40	2,38
Magnesia	0,91	0,90	 0,50	0,32	2,17	Spuren
Manganoxyd .	Spuren	Spuren	 0,15	—	0,55	—
Schwefelsäure	1,37	2,50	.... —	—	0,05	—
Kali	0,13	Spuren	 0,90	—	1,26	0,24
Natron	0,20	Spuren	.... —	—	0,21	Wasserstoff 1,07
Chlor	Spuren	Spuren	.... —	Kohlen- —	—	Kohlenstoff 3,98
Kohle	4,97	8,29	Kohlenstoff und Verlust 29,78	stoff 28,80	—	Stickstoff 6,62
Wasser	2,68	2,00	.... —	—	8,54	2,02
Verlust	4,60	8,09	.... —	3,13	0,59	—
	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,4

Nach vorstehenden Analysen sind die Alaunschiefer bald kalihaltig, bald und meistens kalifrei. Durch längeres Aussetzen an die Luft oder durch Rösten bei erhöhter Temperatur — welche z. B. zu Duttweiler in Rheinpreußen durch ein seit 1660 glimmendes Steinkohlenlager, auf welchem Alaunschiefer liegt, geliefert wird — oxydirt sich das im Alaunschiefer enthaltene Schwefeleisen zu neutralem schwefelsauren Eisenoxyd und fünffach basisch schwefelsaurem Eisenoxyd, welches erstere einen Theil Thonerde in schwefelsaure Thonerde umwandelt und bei einem Kaligehalt des Alaunschiefers Alaun erzeugt, wonach Schiefer der letzteren Art, die sich aber selten finden, unter diese Abtheilung gehören.

Nur wenige Alaunschiefer Schwedens enthalten eine solche Menge von Feldspath fein eingemengt, daß es demnächst, nach Einwirkung der aus dem Schwefeleisen entstandenen Schwefelsäure unter Bildung von Thonerde- und Kalisulphat, keines ferneren Zusatzes von Alkalien zu der Lösung bedarf, um mit Vortheil Alaun zu erhalten. Meist ist aber der Kaligehalt in den Schiefern so gering, daß nicht alle gebildete schwefelsaure Thonerde durch das Kali in Alaun verwandelt werden kann, weshalb man solche Laugen, wohl nach vorheriger Benutzung auf Eisenvitriol, als kalifrei behandelt. Die in Folge eines geringen Feldspathgehaltes in Schiefern von Lüttich und anderen Arten vorkommende unbedeutende Kalimenge kommt auch nicht weiter in Betracht, so daß im Allgemeinen aus den Alaunschiefern direct kaum, oder nur wenig Alaun dargestellt wird und dieselben deshalb zu den Erzen der folgenden Abtheilungen zu rechnen sind.

Während sich der Alaunschiefer von Wetzelstein zur Alaunbereitung nicht tauglich erwiesen hat, ist dieses mit dem Garndorfer wegen seines größeren Gehaltes an Thonerde und Schwefelkies der Fall.

II. Darstellung des Alauns aus Materialien, welche die Elemente zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde enthalten, aber eines Zusatzes von sämmtlichem oder einem Theil Kalisalz erfordern.

Hierher gehören

A) die eigentlichen Alaunerze, aus denen der meiste Alaun dargestellt wird, nämlich der Alaunschiefer meist ohne und nur zuweilen bei eingemengtem Feldspath mit einem geringen Kaligehalt (S. 62), und die Alaunerde. Letztere ist ganz ähnlich zusammengesetzt, wie der Alaunschiefer, nur kieselsäureärmer, von erdiger Beschaffenheit, weich, leicht zerreiblich und reicher an kohligen Bestandtheilen, wodurch sie eine dunkelbraune Farbe erhält. Die Alaunerde ist ein untergeordnetes Glied der Tertiärformation und kommt gewöhnlich mit Braunkohlen zugleich vor, dieselben entweder überlagernd, oder zwischen den Braunkohlenflötzen liegend, oder in den liegenden Thonen derselben in zusammenhängenden, regelmäßigen, oft sehr mächtigen Flötzen vorkommend.

In abbauwürdiger Menge findet sich nach Dr. H. Müller die Alaunerde z. B. in der großen norddeutschen Ebene in der Nähe der Oder bei Freienwalde, Gleißen, Schermeißel und in der Oberlausitz an verschiedenen Orten und kommt in dem höchst unregelmäßig abgelagerten, vielfach gestörten Braunkohlengebirge der Mark gewöhnlich über den Braunkohlenflötzen zwischen Sand am Hangenden und Liegenden vor. In der Umgegend von Muskau in der Oberlausitz sind 4 Alaunerz- und 2 Braunkohlenflötze so über einander gelagert, daß letztere nicht, wie meist in der Mark, unter, sondern zwischen den einzelnen Erzflötzen, durch Sand und Thonschichten getrennt, liegen. Im Muldethal liefert eine Ablagerung der Alaunerde seit 3 Jahrhunderten dem Alaunwerk Schwemsal bei Düben seinen Erzbedarf. Hier kommen die einzelnen Flötze meist, ähnlich wie in der Mark, zwischen Sand vor, nur unterhalb Schwemsal, nahe der Mulde, wo das Erz zu Tage tritt, ist dasselbe von einem 15 Fuß mächtigen, blauen Töpferthon überlagert. Etwas anders ist das Vorkommen des Alaunerzes in der Grafschaft Mansfeld im Bornstädt-Holdenstädter Becken, wo dasselbe — von dem Alaunwerk Bornstädt bezogen — nicht über, sondern unter der erdigen Braunkohle sich findet und in mehreren zum Theil mächtigen und regelmäßig abgelagerten Flötzen von starken Schichten plastischen Thones überdeckt ist.

Den Hauptbestandtheil der Alaunerde bildet eine mehr oder weniger thonige Braunkohle oder ein bituminöser Thon, häufig ein Gemenge mit Sand und Glimmerblättchen. Nach den neueren chemischen Untersuchungen von Dr. H. Müller (Erdm. J. f. prakt. Chem. Bd. 59 S. 257) enthält die thonige Grundmasse Eisen als Doppeltschwefeleisen und huminsaures Eisenoxydul, sowie eine nicht unbeträchtliche Menge freien Schwefels in so feiner Vertheilung beigemengt, daß man meist weder durch das Mikroskop, noch durch Pulvern und Schlämmen irgend welche Spur Schwefelkies oder Schwefel erkennen und abscheiden kann. Früher nahm man an, daß der Schwefel entweder als solcher oder mit Kohle verbunden, nicht aber als Schwefeleisen in der Alaunerde enthalten sei, wonach die weiter unten mitgetheilten älteren Analysen von solchen Erzen zu beurtheilen sind.

Die in Bornstädt unterschiedenen Erzsorten ergaben nach Müller nachstehende Zusammensetzung:

	Eigentl. Alaunerz.	Vitriol-Alaunerz.	Vitriolerz.
Organ. Substanzen und Wasser	34,628	45,641	46,926
Kieselerde	33,342	14,023	11,509
Schwefelsäure (in Gyps)	0,270	0,672	0,772
Schwefel	2,652	1,868	3,316
Eisenoxydul	2,529	5,223	6,879
Thonerde	18,733	9,648	5,238
Kalkerde	1,159	0,735	1,746
Talkerde	1,081	1,019	0,923
Natron	0,193 }	1,144	1,005
Kali	1,776 }		
Doppeltschwefeleisen	2,746	19,267	20,385
Mangan	Spr.	—	Spr.
Chlor	Spr.	0,103	0,147
	99,109	99,343	98,846

Die bei 120° getrocknete kohlige Masse in den Alaunerzen von Bornstädt ergab sich a) für die organischen Bestandtheile des Vitriolerzes (thonige Moorkohle, aus kleinen bituminösen Holzstücken, Pflanzenresten aller Art, Humussubstanzen, mit Thon 2c. durchdrungen bestehend) zu 65,444 Kohlenstoff, 5,972 Wasserstoff und 28,584 Sauerstoff, und b) für die organische Masse des Alaunerzes (bituminöser Thon mit zahllosen Resten von Blättern und Gräsern) 65,919 Kohlenstoff, 5,817 Wasserstoff und 28,264 Sauerstoff. Diese Zusammensetzung steht zwischen der Zusammensetzung der organischen Masse der faserigen und erdigen Braunkohle.

Aeltere Analysen weisen nachstehende Zusammensetzung von Alaunerden nach:

	Siehda.	Freienwalde.	Muskau nach Kersten.			Putzberg.
	Lampadius.	Klaproth.	Hermannsschacht.	Glückaufgang.	Blücherschacht.	Bergemann.
Schwefelsaure Thonerde	2,68	—	—	—	—	1,20
Kalialaun	0,47	—	—	—	—	—
Schwefelsaures Eisenoxydul	0,95	1,80	—	—	—	5,73
Schwefelsaurer Kalk	1,70	1,50	Spr.	Spr.	Spr.	1,71
Schwefelsaures Kali	—	1,50	—	—	—	1,75
Kieselerde	10,32	40,00	44,02	51,32	50,21	45,30
Thonerde	9,21	16,00	5,60	7,62	5,21	10,80
Magnesia	Spr.	0,25	0,32	0,26	0,53	—
Eisenoxyd	2,30	{ 6,40	6,23	8,40	0,42	5,50
Manganoxyd	0,31	} —	0,12	Spr.	Spr.	0,60
Schwefel	7,13	2,03	1,25	2,89	1,72	3,94
Wasser	33,90	10,75	—	—	—	16,50
Bitumen	31,03	19,65	41,10	27,92	34,20	C. 5,95
Chlorkalium	—	0,50	—	—	—	0,35
Schwefelsäure	—	—	—	—	—	0,47

Aus frisch geförderten Alaunerden lassen sich keine schwefelsauren Salze durch Wasser ausziehen; bleiben sie aber, sowie auch manche Alaunschiefer, einige Zeit an der Luft liegen, so bilden sich durch Verwittern des Schwefelkieses schwefelsaure Salze, welche meist in Form weißer, haar- oder nadelförmiger Krystalle von unbestimmter Gestalt auswittern und **Federalaun**, **Federsalz**, **Haarsalz** genannt werden. Dieselben bestehen im Wesentlichen aus $Al_2O_3 . 3SO_3 + 18HO$ und gehen bei einem größeren Eisengehalt in Eisenoxydulalaun $FeO . SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24HO$ über, welcher auch wohl mit den obigen Mineralnamen belegt wird. Außer im Alaunschiefer und Alaunerde findet sich das Thonerdesalz als Verwitterungsproduct auch im schwarzen Uebergangsthonschiefer auf der Halbinsel Araya bei Cumena, bei Rio Saldana in Columbien, in Chili, im Vulcan Pasto bei Quito, auf Milo, in Adelaide in Australien, in einer Grotte am Bosjemannsflusse in der Nähe des Caps der guten Hoffnung u. a.

Analysen von eisenarmem Thonerdesulphat ($Al_2O_3 . 3SO_3 + 18H$).

Bestandtheile.	Saldana. Pasto. Columbia.		Pyromeni auf Milo.	Copiapo in Chili.	Kolosoruk in Böhmen.		Friesdorf bei Bonn.	Potschappel bei Dresden.	Freienwalde.	Ararat.	Anden.	Campsie.	Manganhalt. v. Cap d. guten Hoffn.	Adelaide.
Schwefelsäure	36,400	35,68	40,31	36,97	35,82	34,90	37,380	35,710	35,637	38,58	35,872	40,425	36,770	35,81
Thonerde	16,000	14,98	14,98	14,63	15,57	16,15	14,867	12,778	11,227	38,75	14,645	10,482	11,515	17,15
Eisenoxyd	—	—	—	2,58	—	—	—	—	—	—	0,500	8,530	2,167	—
Eisenoxydul	0,004	—	—	—	—	—	2,463	0,667	0,718	SO_3 FeO } 2,78	—	—	—	—
Manganoxydul	—	—	—	—	—	—	—	1,018	0,307	—	—	—	2,167	—
Kali	—	—	0,26	—	Spuren	—	0,215	0,324	0,430	—	—	1,172	0,205	0,04
Natron	—	—	1,13	—		—	0,149	—	—	—	2,262		—	—
Kalk	0,002	—	—	—	Spuren	—	—	0,640	0,449	—	—	—	3,690	—
Magnesia	0,004	—	0,85	0,14	—	—	—	0,273	1,912	—	—	—	—	—
Chlorwasserstoffsäure	—	—	0,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kieselerde	—	—	1,13	1,37	—	—	—	—	0,430	—	0,100	—	—	—
Wasser	46,600	49,34	40,94	44,64	48,61	48,95	45,164	47,022	48,847	—	46,375	36,245	45,730	47,00
Verlust	0,970	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,246	0,096	—	—
	100,00	100,00	100,00	100,33	100,00	100,00	100,238	100,000	100,000	100,11	100,000	100,000	102,244	100,00
	Boussingault.		Hartwall.	H. Rose.		Rammelsberg.				Göbel.	Thomson.		Stromeyer.	Herapath.

Vor einigen Jahren ist in den ausgebreiteten Kohlenlagern bei Hurlet und Campsie eine große Menge von ausgewittertem Eisenoxydulalaun vorgekommen, für welchen die Analysen folgende Zusammensetzung ergeben haben:

Bestandtheile.	Berthier.	Philipps.	R. D. Thomson.	R. D. Thomson.
Schwefelsäure .	34,40	30,90	35,600	28,635
Eisenoxydul . . .	12,00	20,70	13,560	19,935
Thonerde	8,80	5,20	7,127	2,850
Talkerde	0,80	—	—	—
Wasser	44,00	43,20	43,713	48,580
	100,00	100,00	100,000	100,000

Die Darstellung des Alauns aus Alaunerzen (Alaunschiefer und Alaunerde) umfaßt nachstehende Hauptoperationen:

1) Die Bildung von schwefelsaurer Thonerde durch Verwitternlassen oder Rösten der Alaunerze. Da von einer möglichst billigen Erzeugung der schwefelsauren Thonerde, bei den immer theurer werdenden alkalischen Zuschlagsmitteln, die Existenz mancher Werke abhängt, so erfordern die dazu anzuwendenden Processe eine besondere Sorgfalt. Je nach der größeren oder geringeren Dichtigkeit der Erze, ihrem Gehalte an Schwefelkies und nach darauf basirten Erfahrungen genügt zur Erzeugung von Thonerdesulphat mittelst des Schwefelkieses entweder ein bloßes Verwittern, oder dieselben bedürfen einer Auflockerung und Oxydation bei höherer Temperatur, eines Röstens, dem man zuweilen zweckmäßig ein Verwittern vorangehen läßt. Während die dichteren Alaunschiefer meist geröstet werden müssen, bedarf es bei den lockeren Alaunerden gewöhnlich nur einer Verwitterung, der aber zuweilen auch noch ein Rösten folgt. Man hat z. B. zu Bornstädt die Erfahrung gemacht, daß die meistens aus sehr dichten kohligen Stücken bestehende Alaunerde die größte Menge von schwefelsaurer Thonerde giebt, wenn man dieselbe erst verwittern läßt, während dessen wiederholt auslaugt und den Rückstand zuletzt röstet. In den meisten Fällen wird es vortheilhaft sein, die einige Zeit der Verwitterung ausgesetzten Erze einer vorsichtigen und langsamen Durchröstung auszusetzen, um namentlich auch den freien Schwefel einigermaßen nutzbar zu machen.

Da die Gewinnung des Alaunschiefers, z. B. in Belgien, meistens kostspieliger ist, als die der Alaunerden, so genießen Werke, welche letztere verarbeiten, in der Regel sehr bedeutende Vortheile.

a) Beim Verwitternlassen setzt man die Alaunerze (meistens nur Alaunerden, wie zu Schwemsal und Falkenau, seltener Alaunschiefer, wie zu Valmünster im Departement de la Moselle) kürzere oder längere Zeit in weniger hohen, als umfangreichen Haufen (Halden, Strichen) dem Einflusse der Luft aus. Dabei geht nach Mitscherlich und Otto das feinzertheilte Doppeltschwefeleisen in Eisenvitriol und freie Schwefelsäure über: $FeS_2 + 7O = FeO . SO_3 + SO_3$. Nach Gmelin und Schubarth bilden sich durch weitere Oxydation aus: $10(FeO . SO_3) + 5O = 3(Fe_2O_3 . 3SO_3) + 2Fe_2O_3 . SO_3$, nach Mitscherlich und Otto aus $6(FeO . SO_3) + 3O = 2(Fe_2O_3 . SO_3) + Fe_2O_3 . 3SO_3 + SO_3$.

Während nach Scheerer im Eisenvitriol auf 56,5 Th. Eisen 63 Th. Schwefelsäure kommen, so enthält das aus demselben entstehende basische Eisensalz in 100 Th. auf 56,5 Th. Eisen nur 6 Th. Schwefelsäure, so daß 63 — 6 = 57 Th. Schwefelsäure zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde verwandt werden können.

Bei längerem Liegen an der Luft wirkt nun die freie Schwefelsäure sowohl, als auch das neutrale Eisenoxydsalz ($Fe_2O_3 . 3SO_3$) zersetzend auf den Thon ein, indem sich neutrale schwefelsaure Thonerde und ein basisches Eisensalz abscheidet. Für eine derartige Wirkung spricht der Umstand, daß bei angehender Verwitterung genommene Laugproben weniger Thonerde und mehr Eisen enthalten, als spätere, und beim Eindampfen unter Eisenzusatz viel Eisenvitriol geben, während bei späteren Laugen dies weit weniger der Fall ist und thonerdereichere und eisenärmere Laugen erfolgen (Bornstädt). Je nach der Beschaffenheit der Erze, den klimatischen Verhältnissen ꝛc. müssen dieselben 1 bis 2 Jahre und länger verwittern.

Nach Müller kann man sich von der angegebenen Wirkung des neutralen schwefelsauren Eisenoxyds auf Thon dadurch überzeugen, daß man dieses Eisensalz darstellt, die überschüssige Säure vollständig wegjagt, das weiße Pulver durch Digestion in Wasser löst, die Lösung mit geglühtem Thonpulver zu einem dicken Brei abdampft und diesen vierzehn Tage lang der Luft ausgesetzt läßt. Die durch Ausziehen der Masse mit Wasser erhaltene Lauge giebt mit schwefelsaurem Kali eine reichliche Menge Alaun. Auch erhält man erfahrungsmäßig eine thonerdereichere Lösung, wenn man schwefelsaures Eisenoxyd enthaltende Mutterlaugen zum Auswaschen der Haufen anwendet. Kalk und magnesiareiche Erze sucht man zu vermeiden, weil dieselben unter Bildung von Gyps und Bittersalz den schwefelsauren Salzen des Eisenoxyds und der Thonerde Schwefelsäure entziehen. Wo es angeht, gattirt man an Schwefelkies ärmere Erze mit kiesreicheren, z. B. zu Bornstädt Vitriol- und Alaunerze (S. 64).

In Folge der Oxydation des Schwefelkieses erzeugt sich in den Haufen eine höhere Temperatur, welche den Proceß der Vitriolisirung beschleunigt, aber nicht bis zur Entzündung des Haufens steigen darf, weil sonst ein Theil Schwefel als unwirksam sich sublimirt oder als schweflige Säure unbenutzt fortgeht, eine Sinterung eintreten und vorhandene schwefelsaure Thonerde zerlegt werden kann (S. 47). Ohne daß Entzündung eintritt, kann die Temperatur in dem Haufen so hoch steigen, daß sich der in der Alaunerde enthaltene freie Schwefel verflüchtigt und an kälteren Stellen in Krystallen absetzt (Bornstädt). Sobald dem Haufen, gewöhnlich in Folge zu bedeutender Höhe, an irgend einer Stelle zu heiße Dämpfe entströmen, entblößt man diese sofort, sucht die zu heißen Erze zu zerstreuen oder löscht sie, wenn sie schon brennen, nöthigenfalls mit Wasser aus, schaufelt den Haufen um, setzt frische Erze zu u. s. w. An zu kalten Stellen kann man den Haufen durch in Canäle

gebrachtes Brennmaterial entzünden, durch Erniedrigung desselben die Temperatur herabstimmen.

Man legt die Erzhaufen gewöhnlich auf einem etwas erhabenen thonbestampften Platze an und umgiebt denselben zweckmäßig ringsherum mit einem Gerinne zur Ansammlung der wilden Laugen, welche dann in ein Reservoir abfließen können. Wenn es angeht, versieht man die Halden mit Bedachungen (Valmünster), was sich aber bei armen Erzen meist nicht lohnt.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit der Verwitterung, des Reifens, hat:

a) Der Schwefelkiesgehalt der Erze und seine mehr oder weniger gleichmäßige Vertheilung.

b) Die Höhe der Haufen. Werden sie zu hoch (über 7 bis 8 Fuß), so entzünden sie sich leicht von selbst, worauf dann eine vollständige Verbrennung eintreten kann, welche sich nicht immer durch Aufstürzen frischer Erze beseitigen läßt, und zwar schwieriger, wenn das Brennen von innen nach außen als umgekehrt stattfindet. Solche entzündeten Erze geben demnächst bei vollständiger Auslaugung thonerdeärmere Lauge und werden einer ferneren Verwitterung (Nachreife) nicht mehr ausgesetzt (Schwemsal).

c) Die Witterungsverhältnisse. Bei Regenwetter und Schnee geförderte Erze legen sich in den Haufen zu dicht auf einander, wodurch der Zutritt der Luft beschränkt wird, die Haufen im Innern kalt bleiben und nur oberflächlich reifen. Man muß deshalb die erforderlichen Erzmengen während des Sommers bei trockener Witterung fördern. Durch den Einfluß der Atmosphärilien zerfallen die Erze an der Oberfläche des Striches zu Blättchen, welche vom Winde theilweise mit weggeführt werden. Man rechnet hierauf, sowie auf den eigentlichen Reifungsverlust zu Schwemsal durchschnittlich 9 Proc. dem Volum nach.

d) Die Zuführung von Luft ins Innere der Haufen, indem auf die Sohle derselben der Länge nach etwa 10 Zoll weite und 6 Zoll hohe Canäle aus durchlöcherten Holzschwarten hergestellt werden, welche mit ähnlichen verticalen Canälen communiciren. Zu Bornstädt befinden sich z. B. auf den Thonbühnen solche horizontale und verticale Canäle, aus Backsteinen mit Durchbrechungen gefertigt.

Als Kennzeichen für gut gereifte Erze dienen gewöhnlich folgende:

a) Das Ueberziehen der Erze auf den Kanten der Haufen mit einem weißen Beschlage. Auch finden sich in hohlen Räumen in den Haufen nadelförmige oder flockige weiße Krystalle,

b) die Temperatur des Haufens, welcher Geruch nach schwefliger Säure entlassen kann,

c) das mit dem Grade der Reife vorschreitende gleichmäßige Setzen der Haufen.

Bei Bildung von natürlichen oder künstlichen Cementwässern durch Verwitterung von Kiesen erzeugt sich, wenn dieselben in Schiefern vorkommen, neben Kupfer- und Eisenvitriol durch die oben beregten chemischen Vorgänge auch schwefelsaure Thonerde (Schmöllnitz, Rammelsberg), welche nach Abscheidung des Kupfers aus der Lösung durch Eisen und dem Auskrystallisiren des Eisenvitriols nutzbar gemacht werden kann. Hierher gehört z. B. die Verwendung des Kupferrauches aus dem Rammelsberge bei Goslar zur Darstellung von Vitriolen und Alaun auf dem Vitriolhofe zu Goslar. In früheren Zeiten wurde das sehr harte, aus einem innigen Gemenge verschiedener Metallschwefelungen (Kupferkies, Schwefelkies, Zinkblende, Bleiglanz u. s. w.) bestehende und im Thonschiefer vorkommende Erz des Rammelsberges meist durch Losbrennen (Feuersetzen) gewonnen. Dadurch entstanden große Weitungen, welche mit mehr oder weniger mildem Thonschiefer, dem beim Feuersetzen theilweise geröstete Erztheilchen beigemengt blieben, ausgefüllt wurden. Als nun zu verschiedenen Zeiten und aus verschiedenen Veranlassungen der Bergbau im Rammelsberge auflässig wurde, traten die Baue in Ermangelung eines tiefen Stollns unter Wasser, wobei die in den gerösteten Erzpartikelchen enthaltenen Vitriole ausgezogen und durch die ganze Ausfüllung vertheilt wurden. Bei dem starken Drucke des Wassers und dem nicht abgeschlossenen Luftzutritt schritt die Zersetzung der Schwefelungen weiter fort, der vorhandene Eisenvitriol oxydirte sich höher und die gebildeten schwefelsauren Eisenoxydsalze wirkten in der oben (S. 68) angegebenen Wei e auflösend auf die Thonerde des Thonschiefers.

Als nun nach der Wiederaufnahme des Bergbaues die Weitungen ihr Wasser durch Abzug in während dessen hergestellten tieferen Stölln verloren und die Erzgewinnung durch Feuersetzen wieder begann, trockneten die mit vitriolischen Wässern geschwängerten alten Baue durch die dieselben durchstreichende warme Luft vom Feuersetzen aus und ihr Inhalt wurde fest, wobei die Erz- und Thonschiefertheilchen hauptsächlich durch gebildetes basisches Eisenoxydsalz ihren Zusammenhang erhielten. Auch schied die vom Feuersetzen beigemengte Kohle aus den schwefelsauren Salzen durch Reduction feste Schwefelmetalle aus.

Die Ausfüllung dieser alten Weiten liefert nun unter dem Namen Alter Mann oder Kupferrauch — wahrscheinlich wegen seines schmutzigen, räucherigen Ansehens und seiner Benutzung zur Darstellung von grünem Vitriol (Eisenvitriol), den die Alten für einen Abkömmling des Kupfers hielten, so genannt — das Material zur Darstellung von Vitriolen und Alaun auf dem Goslarschen Vitriolhofe. Man nennt den Kupferrauch Atramentstein, wenn derselbe wegen seiner Festigkeit durch Bohren und Schießen gewonnen werden muß, und zwar unterscheidet man grauen (Sory) und rothen, welcher letztere mehr lösliche Bestandtheile enthält, als ersterer. Die Hauptbestandtheile des Atramentsteins sind in Wasser unlösliches schwefelsaures Bleioxyd und basisch schwefelsaures Eisenoxyd, ferner löslicher Eisenvitriol, Zinkvitriol und schwefelsaure Thonerde, nebst geringen Mengen von Kupfer- und Manganvitriol, Bittersalz und Gyps.

Nach B. Illing enthielt grauer Atramentstein des Rammelsberges nachstehende Bestandtheile:

Schwefelsäure	28,42
Eisenoxydul	15,96
Zinkoxyd	2,71
Manganoxydul	1,09
Kupferoxyd	0,89
Thonerde	1,41
Kali, Natron	0,88
Kieselsäure	0,25
Unlösliches	48,96

In milden Kupferrauchpartien finden sich nicht selten amorphe, krystallinische und krystallisirte Mineralsalze, wie Misy, Voltait, Römerit, Haarsalz, Federweiß ꝛc.

b) Dem Röstproceß werden meist die dichteren Alaunschiefer ausgesetzt, nachdem man sie vorher wohl einige Zeit lang hat verwittern lassen (Hurlet und Campsie in Schottland, Lüttich), doch werden auch dichtere Alaunerden diesem Processe direct (Muskau, Bonn) oder nach vorheriger Verwitterung und Auslaugung unterworfen (Bornstädt, Freienwalde). Je nach ihrem größeren oder geringeren Bitumengehalt werden die zu Haufen aufgestürzten Schiefer für sich angebrannt oder zuvor mit abwechselnden Lagen von Brennmaterial geschichtet oder das Brennmaterial dient nur zur Einleitung der Entzündung. Dabei zerlegt sich durch bloße Einwirkung der Hitze der Schwefelkies (FeS^2) in FeS und dampfförmig aufsteigenden Schwefel. Letzterer, sowie der eingemengte freie Schwefel, oxydirt sich, wenn er sich bei zu hoher Temperatur nicht als solcher verflüchtigt, zu schwefliger Säure, desgleichen giebt das leichter oxydirbare FeS schweflige Säure und Eisenoxydul. Durch Contactwirkung geht die schweflige Säure in Schwefelsäure über, welche die Thonsubstanz dampfförmig durchdringend schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Eisenoxydul bildet. Bei eintretender Rothglühhitze zerlegt sich letzteres unter Bildung eines basischen Salzes, $2\,(FeO.\,SO_3) = Fe_2O_3.\,SO_3 + SO_2$, welches bei erhöhter Temperatur seine ganze Schwefelsäure abgiebt und die Thonerde in Sulphat verwandelt. Man wendet indessen nur dann solche hohen Temperaturen an, wenn viel Schwefelkies vorhanden war, um das in reichlicher Menge gebildete Eisensalz zu zersetzen und demnächst einen eisenfreieren Alaun zu erhalten. War das angewandte Brennmaterial Holz, so liefert dessen Asche schwefelsaures Kali, wenn Steinkohle, schwefelsaures Ammoniak.

Bei gewöhnlichen, auf einer Thonsohle errichteten und wohl mit Rinnen umgebenen Haufen regulirt man das Feuer im Haufen durch eine Decke von ausgelaugtem Alaunschiefer, welche verstärkt oder geschwächt wird, je nachdem die Temperatur zu hoch oder zu niedrig ist. Auch bringt man wohl eine Lage Schiefer in Brand und fügt, sobald dieser fortschreitet, allmälig frische Schiefer hinzu, bis zuletzt sehr große Haufen entstehen. Sobald dieselben eine gewisse Höhe erreicht haben, umgiebt man sie mit einem Mantel von ausgelaugtem Erz (Schottland). Nach Spence bringt man auf der Sohle der Halden eine Anzahl von etwa 4 Zoll hohen und weiten Zugcanälen von lose zusammengelegten Ziegelsteinen an, welche den Luftzug nach oben gestatten. Auf diese Canäle werden glühende Kohlen gestürzt, darauf kleine Stücke von bitumenreichem Alaunschiefer und, sobald dieser in Brand gerathen, fährt man mit Lagen bitumenärmerer, mit Kohlenklein oder Sägespänen versetzter Schiefer fort, deren Dicke von der Heftigkeit der Verbrennung abhängt. Haufen, am besten von 4 bis 5 Fuß Höhe, sind in 8 bis 10 Tagen ausgebrannt und abgekühlt. Zu Hurlet läuft ein solcher Canal auf der Sohle jedes Röstaufens durch.

Mohr hat Schachtöfen von Rumfordscher Construction mit continuirlichem Betriebe zum Rösten von Alaunschiefer vorgeschlagen. Klagenbusch röstet die Rückstände von verwitterten und ausgelaugten Alaunschiefern in Oefen von 36 Fuß Länge, 7 bis 8 Fuß Breite und 6 Fuß Höhe. In Abständen von 3 Fuß sind unten in den Seitenwänden des Ofens ringsherum Luftzüge. Beim Anlassen desselben breitet man auf der Sohle 1 Fuß hoch Torf aus, indem man die Torfziegeln auf die hohe Kante stellt und Zwischenräume zur Luftcirculation läßt. Auf die Torflage bringt man 2 bis 3 Fuß hoch Schieferrückstände, zündet den Torf an und leitet durch Regulirung der Luftlöcher die Verbrennung langsam ein. Beim Fortschreiten derselben sinkt die Masse gleichmäßig im Ofen zusammen, worauf man eine neue Schieferlage giebt, welche durch Berührung mit der darunter befindlichen hinreichend erhitzt wird. Man füllt alsdann den Ofen nach und nach mit Schieferlagen bis oben hin voll, verstopft die Luftlöcher mit Lehm und bedeckt die Gicht, um das Entweichen der Gase zu verhüten. Entwickelt sich nach etwa 3 Tagen kein Gas mehr aus der Gicht, so räumt man die Schiefer aus und behandelt sie auf gewöhnliche Weise mit Wasser.

Man muß beim Rösten eine eine schwache Rothglühhitze nur wenig überschreitende gleichmäßige Temperatur in den meisten Fällen zu erhalten suchen. Bei zu hoher Temperatur tritt leicht eine Frittung der Masse ein, Schwefel und schweflige Säure verflüchtigen sich wirkungslos und es entstehen thonerdeärmere Laugen. Vor allen Dingen muß beim Aufstürzen der Halden darauf gesehen werden, daß sie die Stirn den herrschenden Winden zukehren, weil bei zu starken Winden die Verbrennung zu lebhaft werden kann. Wo das Feuer zu stark ist, muß es mit ausgelaugten Erzen gedämpft oder, wo dieses nicht hilft, zerstreut und in die aufgegrabene Stelle kaltes Erz gebracht werden. An der Oberfläche der Halden condensirter Schwefel wird nebst der vorzüglich aus Eisenvitriol bestehenden, während des Brennens gebildeten Salzkruste abgezogen und in Gemenge mit Erzen in das Innere der Halde gebracht. Verschiedene Erzsorten müssen passend gattirt werden, wie zu Campsie, wo die oberen Lagen des Alaunschiefers einen großen Ueberschuß an Schwefelkies enthalten und weit mehr Schwefelsäure liefern, als die Thonerde aufnehmen kann, während die unteren Lagen sehr reich an Thonerde sind. Zu schwach gebrannte Erze liefern eisenreichere Laugen.

Da die Röstung eine Reihe von Wochen, ja sogar Monate erfordert, so muß für eine hinreichende Zahl von Haufen Sorge getragen werden, die sich in verschiedenen Stadien des Processes befinden, damit, wenn irgend möglich, die Alaunbereitung während des ganzen Jahres nicht unterbrochen wird.

Die Beendigung des Sulfatisationsprocesses wird theils durch Auswitterungen von schwefelsauren Salzen erkannt, theils an dem Geschmack der Erze oder durch

Auslaugeproben, welche entweder chemisch auf ihren Gehalt geprüft oder eingedampft und durch Zusatz von schwefelsaurem Kali auf die daraus darstellbare Menge Alaun geprüft werden. Werden die nach der Calcination kleiner gewordenen, mit einer röthlichen Asche bedeckten Haufen durch die Proben als reif erkannt, so schreitet man nach hinreichendem Erkalten zum Auslaugen derselben.

Trotz einer vorsichtig geleiteten Verwitterung und Röstung ist man doch nicht im Stande, die Hälfte schwefelsaure Thonerde auszubringen, welche bei dem Schwefelgehalte der Erze möglicher Weise gebildet werden könnte. Dies hat seinen Grund darin, daß ein Theil Schwefelsäure in unlöslichen basischen Eisenoxydsalzen, ein anderer in löslichen Eisenoxydul- und Oxydsalzen gebunden bleibt, ohne auf den Thon eingewirkt zu haben, daß bei den großen Röstmassen ein Theil schweflige Säure unbenutzt entweicht und ein durchaus erschöpfendes Auslaugen eines so großen Haufwerks nicht möglich ist.

2) Die Auslaugung der verwitterten oder gerösteten Alaunerze. Zur demnächstigen Ersparung an Siedezeit und Brennmaterial sucht man durch Auslaugung der verwitterten oder gerösteten Erze mit Wasser auf kürzestem Wege eine Thonerdelösung von 15 bis 22° B. = 1,1152 bis 1,1786 spec. Gew. zu erzeugen. Versucht man viel concentrirtere Laugen zu gewinnen, so findet sich, daß wegen der stark adhärirenden Kraft der schwefelsauren Thonerde an den thonigen Massen die Lauge nicht mehr wesentlich an Grädigkeit zunimmt und sich an Quantität vermindert. Auch würden mehr gesättigte Laugen bei geringer Temperaturveränderung oder Wasserverdunstung früher, als wünschenswerth ist, krystallisirbare Salze, z. B. Eisenvitriol, Bittersalz ꝛc. absetzen. Enthält z. B. die Rohlauge ein Gemisch von 1 Th. Eisenvitriol oder Bittersalz und 2 Th. schwefelsaurer Thonerde, so hat dasselbe bei 15° R. seinen Sättigungspunkt bei 25° B. und es kann somit bei Verminderung der Temperatur oder beim Verdunsten von Wasser ein Salzniederschlag entstehen. Einen wesentlichen Einfluß auf die der Rohlauge zu gebende Stärke üben auch die Brennmaterialpreise und die Höhe der Arbeitslöhne aus. Sind erstere z. B. höher, letztere niedriger, so empfiehlt es sich, bei mehr Arbeit durch wiederholten Aufguß concentrirtere Laugen zu erzeugen, sonst umgekehrt. Ist mit dem Alaunwerk eine Braunkohlengrube verbunden und ist somit das Brennmaterial sehr billig, so kann man sich mit Laugen von 12° B. begnügen.

Das Auslaugen der Erze findet höchst selten und dann meist nur bei sehr großem Betriebe direct auf der Halde Statt, was zwar wegen Ersparung an Transportkosten billig ist, aber das völlige Durchdringen des Erzes vom Wasser sehr erschwert; meist geschieht die Laugung in hölzernen Gefäßen mit Losboden, welche aber häufige Reparaturen erfordern, oder in gemauerten Cisternen, welche zweckmäßiger terrassenförmig unter einander, als neben einander stehen.

Die Halden- oder Bühnenlaugerei findet man wohl da in Anwendung, wo Erze durch Verwittern aufgeschlossen werden und durch mehrmalige Bewässerung während desselben die Sulfatisation befördert wird (Bornstädt).

Je nach dem Gehalte der Erze an schwefelsaurer Thonerde und den gemachten örtlichen Erfahrungen genügt es, entweder die Erze in den Bassins nur einmal mit Wasser auszulaugen (Vitriolhof zu Goslar) oder die dabei erhaltene Armlauge durch Gradiren bis zu der erforderlichen Stärke anzureichern (Schwemsal, Bornstädt, Garndorf, Reschwitz in Thüringen) oder die Armlauge behuf Darstellung von Reichlauge (duplirte Lauge) noch einmal mit frischem Erz in Berührung zu bringen (Schwemsal) oder das frische Erz zu wiederholten Malen (3 bis 4 Mal) mit immer schwächer werdenden Laugen und zuletzt mit Wasser zu extrahiren, wobei man wohl bis zu 25grädigen Reichlaugen (triplirte und quadruplirte Laugen) gelangen kann (Valmünster, Whitby). Setzt man die Concentration noch weiter fort, so treten die oben angeführten Uebelstände ein. Besonders bei armen Erzen empfiehlt es sich, die davon erhaltene Armlauge besser durch die Dornengradirung zu concentriren, als durch wiederholten Aufguß der Armlaugen, weil dabei zu viel schwefelsaure Thonerde in den Rückständen bleibt. Bei der Gradirung können die Laugen eine bedeutende Menge Gyps, kohlensaure Erden und basisch schwefelsaures Eisenoxyd absetzen. Bei von diesen Verunreinigungen freien Laugen scheidet sich zuweilen auf den Dornwänden efflorescirte schwefelsaure Thonerde ab. Je nach dem Gehalt der Laugen ist zur Concentration ein Gradirhaus mit einem oder mit mehreren Fällen erforderlich. (Das Nähere über das Verfahren beim Gradiren und die Einrichtung der Gradirhäuser ist unter dem Artikel Kochsalz zu ersehen.)

Die erfolgende Rohlauge fließt in nahe gelegene gemauerte oder mit Blei ausgeschlagene Behälter (Rohlaugensümpfe), welche sich meist in der Erde befinden. Hier bleibt sie bis zur weiteren Concentration durch Abdampfen aufbewahrt, klärt sich und kann, neben mechanisch beigemengten Erztheilen, Gyps und ein basisches Eisensalz absetzen, welches durch Oxydation des Eisenvitriols an der Luft sich bildet (S. 68).

Findet die Laugung im Freien Statt, so erhält man bei starkem Regen immer schwache Laugen. In heißen Sommertagen erfolgt, weil das Wasser bei der größeren Wärme die Salze leichter auflöst und die Wasserverdunstung in den Rinnenleitungen und Reservoirs befördert wird, eine stärkere Lauge, als bei kalter Witterung, und bei beginnendem Frost und Schnee muß das Auslaugen wohl ganz eingestellt werden, so daß die Alaunwerke zum Theil von Ende November bis Ende März ihre Arbeit einstellen. Während dieser Zeit werden dann die erforderlichen Reparaturen vorgenommen.

Da nach Vorstehendem die Laugung nur in gewissen Jahreszeiten stattfindet, so müssen Rohlaugenbehälter von einem bedeutenden Fassungsraum vorhanden sein. Das längere Verweilen der Lauge in denselben hat den Vortheil, daß sich neben mechanischen Beimengungen, Gyps ꝛc. viel basisches Eisensalz in Folge der Oxydation des Eisenvitriols absetzt, wobei Schwefelsäure frei wird (S. 68). Diese kann man durch Zusatz von Alaunschlamm, welcher bei der Siedung erfolgt und basischen Alaun enthält, in dem Reservoir neutralisiren. Dieses Verfahren, sowie ein längeres Verwittern der Erze geben die geeignetsten

Mittel, die Quantität der schwefelsauren Thonerde auf Kosten des Eisenvitriols zu vermehren.

Als **Producte der Laugung** erhält man

a) **Rohlauge**, gewöhnlich von 20 bis 22° B., welche im Wesentlichen schwefelsaure Thonerde, mehr oder weniger Eisenvitriol, geringe Quantitäten von schwefelsaurem Kali, Natron, Magnesia, Kalk, Ammoniak, Mangan, sowie Chlormagnesium, Chloraluminium und freie Schwefelsäure enthalten kann. Bei kohlenreichen, in hoher Temperatur veraschten Erzen enthält die Rohlauge in der Regel nur wenig freie Säure. Dieselbe wird durch Abdampfen noch weiter concentrirt.

Der **Concentrationsgrad** (die **Stärke** oder das **specifische Gewicht**) der **Lauge** wird in Deutschland fast allgemein durch das **Beaumé'sche Aräometer** ermittelt, welches Grade anzeigt, die dann bestimmten specifischen Gewichten entsprechen, wie aus der nachstehenden Tabelle für Flüssigkeiten, welche schwerer als Wasser (spec. Gew. des Wassers bei 18,75° C. = 1) sind, hervorgeht:

Grad Beaumé.	Spec. Gew.	Grad Beaumé.	Spec. Gew.	Grad Beaumé.	Spec. Gew.
1	1,0069	18	1,1415	35	1,3177
2	1,0139	19	1,1506	36	1,3298
3	1,0211	20	1,1598	37	1,3421
4	1,0283	21	1,1691	38	1,3546
5	1,0356	22	1,1786	39	1,3674
6	1,0431	23	1,1883	40	1,3804
7	1,0506	24	1,1981	41	1,3937
8	1,0582	25	1,2080	42	1,4072
9	1,0661	26	1,2182	43	1,4210
10	1,0740	27	1,2285	44	1,4350
11	1,0820	28	1,2390	45	1,4493
12	1,0901	29	1,2497	46	1,4640
13	1,0983	30	1,2605	47	1,4789
14	1,1067	31	1,2716	48	1,4941
15	1,1152	32	1,2828	49	1,5097
16	1,1239	33	1,2943	50	1,5255
17	1,1326	34	1,3059		

In **England** ist **Twaddle's Aräometer** oder Hydrometer am üblichsten, welches aus 6 gesonderten Instrumenten besteht, deren Scalen an einander schließen und zusammen die specifischen Gewichte von 1000 bis 2000 umfassen, wobei das spec. Gew. des Wassers bei 13° R. = 1000. Sie haben vor den Beaumé'schen den Vorzug, daß man zu jedem Grad Twaddle 5 Einheiten nur zuzusetzen hat, um das specifische Gewicht zu erhalten, wie die folgende Tabelle zeigt:

Grade Twaddle.	Spec. Gew.	Grade Twaddle.	Spec. Gew.	Grade Twaddle.	Spec. Gew.
0	1000	70	1350	140	1700
10	1050	80	1400	150	1750
20	1100	90	1450	160	1800
30	1150	100	1500	170	1850
40	1200	110	1550	180	1900
50	1250	120	1600	190	1950
60	1300	130	1650		

Die quantitative Gewichtsbestimmung der Thonerde in der Lauge ist für den Fabrikanten zu umständlich, desgleichen die von **Jacquelin** empfohlene Titrirprobe.

b) **Extrahirte Rückstände.** Die Rückstände werden, je nach der Reichhaltigkeit der Erze, entweder abgesetzt (**Bonn, Schwemsal**), von entzündeten Erzen oder beim Verarbeiten frischer Erze zur Bedeckung der Haufen genommen (**Altsattel, Falkenau**) oder einer noch mehrmaligen Verwitterung (Nachreife) und Auslaugung, dann einer Röstung und letzten Auslaugung (**Bornstädt, Schwemsal**) unterworfen oder zur Erzeugung neuer Mengen Thonerde der Einwirkung von schwefligsauren Dämpfen ausgesetzt, welche man durch Röstung von Zinkblende erzeugt (**Amay** bei Corfali in Belgien). Solche Rückstände vom Auslaugen des Alaunschiefers von **Campsie** (S. 62) hatten z. B. nachstehende Zusammensetzung:

Kieselerde	38,40
Thonerde	12,70
Eisenoxyd	20,80
Manganoxyd	Spr.
Kalkerde	2,07
Talkerde	2,00
Kali	1,00
Schwefelsäure	10,76
Wasser	12,27
	100,00

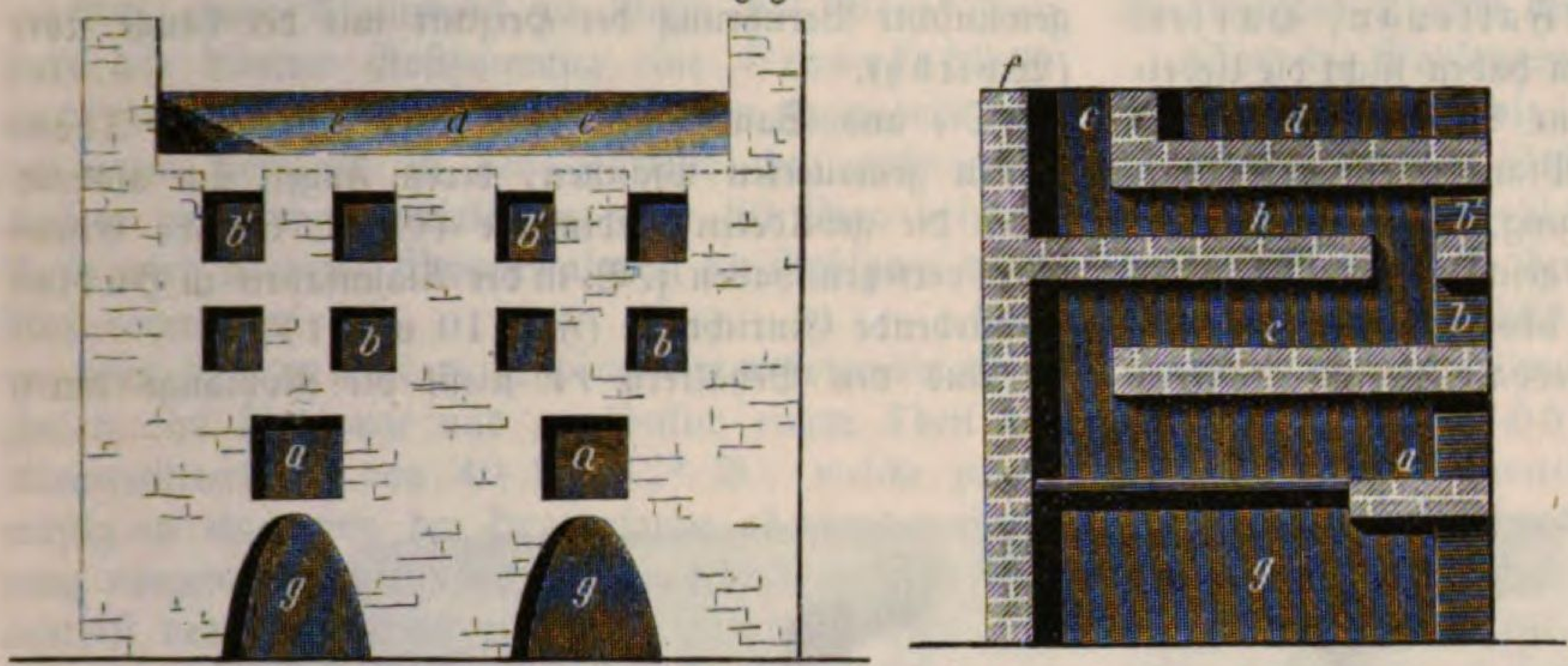
c) **Braunrother Eisenschlamm vom Klären.** Derselbe kann durch Calcination in Eisenoxyd übergeführt und dann als rothe Farbe benutzt werden. Zu diesem Zwecke unterwirft man den Bodensatz aus den Rohlaugensümpfen zunächst einer Schlemmarbeit. In einer Rührvorrichtung, wie sie bei der Aufbereitung der Bleierze (siehe **Blei**) auf Kehrherden üblich ist, mengt man den aus ungleich großen Theilen bestehenden Bodensatz mit Wasser an und leitet die Trübe in ein etwas geneigtes und mit Leisten versehenes Gerinne, welches an der einen Seite mehrere verschließbare Zapflöcher hat. Jede Oeffnung entläßt die Trübe in in die Erde versenkte Kästen, welche, durch Scheidewände in mehrere Abtheilungen getheilt, ein Absetzen der Farbe aus der Trübe nach der verschiedenen Korngröße gestatten. Sobald der Kasten größtentheils mit dem Farbmaterial angefüllt ist, stellt man den Zufluß der Trübe ab, läßt das in den Kästen befindliche Wasser ab und entleert die Kästen von ihrem Inhalte. Nachdem die Farbe auf einer mit Dach versehenen Holzstellage getrocknet, schreitet man zum Brennen derselben und erhält je nach der dabei angewandten niedrigeren oder höheren Temperatur, sowie der kürzeren oder längeren Brennzeit rothe Farben von verschiedenen Nüancen.

Der Brennofen (Fig. 9) enthält zwei communicirende Herde c und h, welche durch zwei Feuerungen a erhitzt werden. Die heißen Feuerungsgase entweichen gemeinschaftlich mit Wasser- und schwefelsauren Dämpfen durch den Canal e in die Esse f. g Aschenfall. Die am stärksten zu erhitzenden Farben trägt man durch b auf den unteren Herd c, weniger zu brennende durch b' auf den oberen Herd h und auf das Ofengewölbe d solche, welche der mindesten Hitze bedürfen. Nach dem Brennen werden die einzelnen Farbesorten zur Erzeugung bestimmter Nüancen nöthigenfalls mit einander gemengt.

Zuweilen verarbeitet man gemeinschaftlich mit den eisenhaltigen Schlämmen der Rohlaugen **Eisenocher**, welche

sich durch Oxydation von Eisenvitriol (S. 68) aus vitriolischen Grubenwässern absetzen, wenn dieselben zu Tage treten und in communicirende Sümpfe geleitet

Fig. 9.



werden. Die aus den Grubenwässern des **Rammelsberges** sich ausscheidenden muschligen (a) und erdigen Ocher (b) haben nach **Jordan** folgende Zusammensetzung:

	a.	b.
Eisenoxyd	63,85	68,75
Zinkoxyd	1,23	1,29
Kupferoxyd	0,88	0,50
Schwefelsäure	13,59	9,80
Wasser	18,45	15,52
Thon und Quarz	2,00	4,14

Man pflegt die rein gelben lockeren Partien solcher Ocher von den übrigen festeren zu trennen und erstere durch Schlämmen gleich auf fertige Farbe zu verarbeiten, während letztere zuvor unter Pochstempeln, Mahl- oder Kollermühlen zerkleint, gesiebt und gebrannt werden.

3) **Das Versieden der Rohlauge.** Dieses geschieht entweder:

a) **In bleiernen Pfannen**, welche zuweilen noch eine Vorwärmpfanne haben (**Schwemsal**, **Whitby**, **Goslar**, **Valmünster**, **Amay**). Solche Pfannen kommen besonders bei Laugen in Anwendung, welche freie Säure in größerer Menge enthalten (bei verwitterten Erzen), sind aber theuer, beim Aufbrennen von Pfannenstein der Gefahr einer Schmelzung ausgesetzt und werden bei schwefelhaltigen Stein- oder Braunkohlen angegriffen. Auch widerstehen sie freier Säure nicht völlig. Da das durch die Wärme ausgedehnte Blei nicht wieder ganz in seinen vorigen Zustand zurückgeht, so verziehen sich die Pfannen leicht und sind häufigen Reparaturen ausgesetzt. Zur Verminderung der Pfannensteinbildung muß entweder die Lauge in steter Bewegung erhalten oder vor vollendeter Concentration abgezogen, geklärt und neuerdings aufgefüllt werden, was Kosten veranlaßt. Zweckmäßige Dimensionen für solche Pfannen sind $12\frac{1}{2}$ Fuß Länge, 8 Fuß Breite und 2 Fuß Tiefe bei 200 Cubikfuß Inhalt. Kleinere und tiefere Pfannen sind weniger wirksam. Eine Circulirfeuerung unter den Pfannen ist einer Strahlenfeuerung vorzuziehen. Dieselben haben entweder durchweg eine Unterlage von eisernen Platten (**Valmünster**) oder nur oberhalb des Feuerraumes, was meist genügt und ein besseres Ausnutzen der Wärme veranlaßt, und ruhen sonst auf Eisenstäben.

Die Herstellung der Bleipfannen geschieht z. B. am Unterharze auf die zweckmäßige Weise, daß man die alte Pfanne unter Zusatz des erforderlichen alten Bleies in einem Flammofen, z. B. einem Treibofen einschmilzt und dann in eine Form leitet. Diese wird auf die Weise hergestellt, daß man eine Schicht alten Mergel 4 Zoll hoch und darüber eine Schicht frischen Mergel 1 Zoll hoch ausbreitet, das Ganze bis zu $1\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Dicke in einem Rahmen von Eisenbalken zusammenstampft, die so gebildete Form stark abwärmt, abbürstet und glättet. Das geschmolzene Blei (gewöhnlich 56 bis 58 Ctnr.) sticht man alsdann in die Form ab, befreit die Oberfläche mittelst langer Streichhölzer vom Bleidreck, läßt das Blei langsam erkalten, schneidet die Ecken der noch warmen, 4 bis 6 Linien dicken Platte 2 Fuß weit ein, biegt die Seiten derselben in Form eines Kastens auf und löthet die Ecken mittelst einer Wasserstoffflamme, welche sowohl die Ränder, als auch eine als Loth dienende Bleistange theilweise flüssig macht, zusammen. Wo man zum Löthen mit Wasserstoffgas nicht eingerichtet ist, gießt man den Pfannenboden so, daß gleich an jeder Ecke ein Quadrat wegbleibt, richtet dann zur Bildung der Seitenwände die Ränder auf, setzt in die 4 Ecken ein quadratisches Bleiprisma und bildet um dieses herum mittelst Thones eine Höhlung, welche mit Blei ausgegossen wird, wobei sich die Fugen schließen.

b) **In gußeisernen Kesseln**, um deren Seitenwände der Zug circulirt, bevor er in die Esse mündet (**Bonn**). Dieselben, dauerhafter als bleierne, eignen sich nur für Laugen, welche wenig freie Säure enthalten und z. B. durch Auslaugen kohlenreicher, bei höherer Temperatur veraschter Erze erhalten sind. Es bildet sich dann während der Siedung nach Verlauf mehrerer Tage eine Incrustation von basischen Salzen, welche das Eisen gegen freie Säure und die lösende Einwirkung von neutralem schwefelsauren Eisenoxyd und neutraler schwefelsaurer Thonerde schützt. Letztere Salze gehen in unlösliche basische über, indem ein Theil ihrer Schwefelsäure unter Wasserstoffentwicklung Eisen auflöst. Die basisch schwefelsaure Thonerde bleibt in der Lauge theilweise in Lösung und fällt meistens erst bei der Alaunmehlbereitung nach Zusatz des Kalisalzes als basisch schwefelsaures Thonerdekali nieder. Dieses ist kalt nur in concentrirter Alaunlösung auflöslich und seine Bildung wird durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure zur Rohlauge oder von saurem schwefelsauren Kali beim Alaunmehlmachen vermieden. Eisenblech wird stärker angegriffen, als Gußeisen. Die basischen Salze geben Veranlassung zur Bildung von Kesselstein, welcher von Zeit zu Zeit losgehauen werden muß, damit der Kessel in Folge des dazwischen tretenden schlechten Wärmeleiters und Reißens desselben nicht springt. Solche Kessel haben gegen 100 Cubikfuß Inhalt, halten etwa 2 Jahre, kommen ziemlich theuer und lassen in steter Gefahr des Sprin-

gens, können auch einen Eisengehalt in die Lauge bringen.

c) In *gemauerten Pfannen* mit flachem Gewölbe bei directer Wirkung des Feuers auf die Oberfläche der Lauge (*Schwemsal*, *Falkenau*, *Hurlet*, *Altsattel*). Diese Vorrichtungen haben nicht die Uebelstände der vorigen, gestatten eine Brennmaterialersparung, mehr Sicherheit, weil kein Pfannenstein aufbrennt, und meist eine raschere Verdampfung, indem die Erwärmung der Flüssigkeit unmittelbar geschieht und durch die stete Erneuerung der Atmosphäre über der Flüssigkeit die Verdunstung begünstigt wird, weshalb sie auf größeren Werken immer mehr Eingang finden. Dieselben lassen sich jedoch statt der Bleipfannen da nicht anwenden, wo die Lauge in Folge eines Bittersalzgehaltes bei einer gewissen Concentration eine Salzhaut erhält, welche die gewünschte Berührung der Heizluft mit der Lauge stört (*Whitby*).

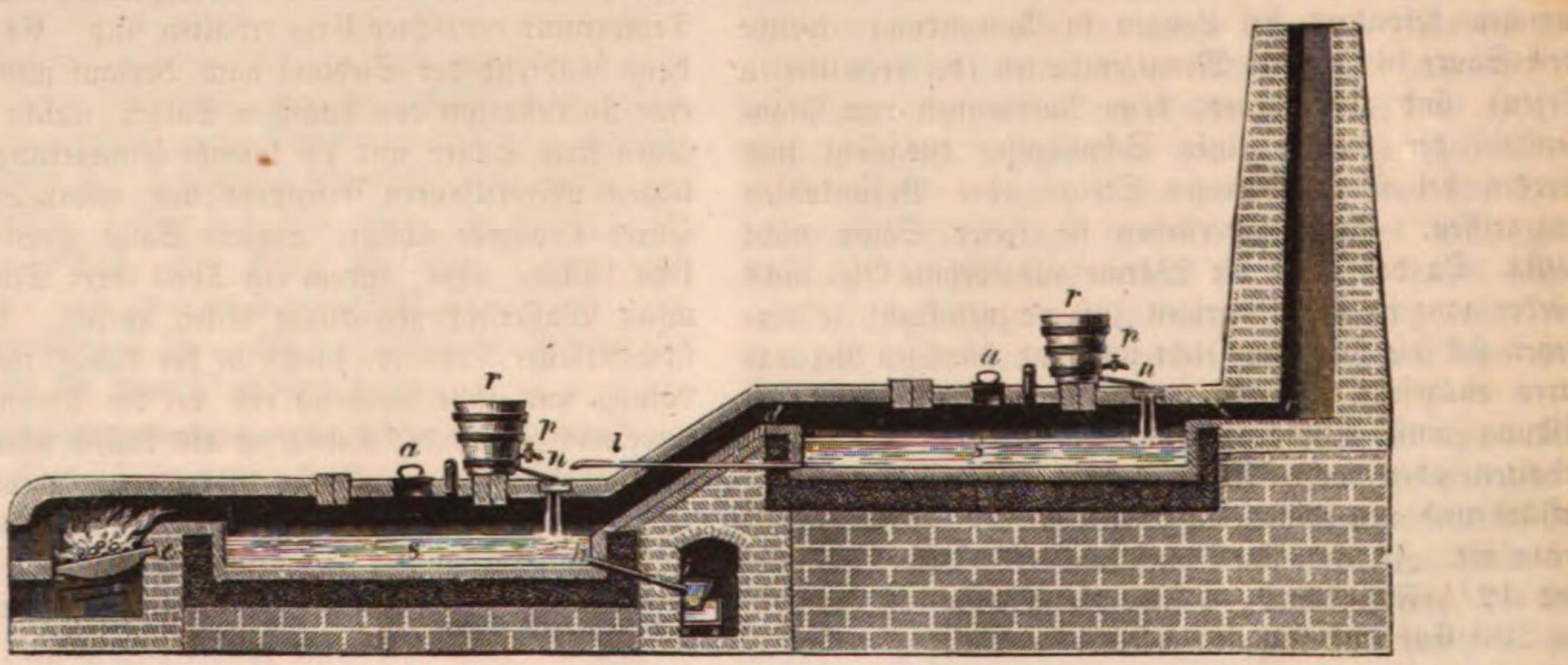
Die aus Sandsteinen oder stark gebrannten Thonziegeln gemauerten Pfannen, deren Fugen sich alsbald durch die gebildeten Sedimente (Gyps, basische Eisensalze) versetzen, haben z. B. in der Alaunfabrik zu *Hurlet* nachstehende Einrichtung (Fig. 10 und 11):

Aus den Behältern *rr* fließt die Rohlauge durch

Fig. 10.



Fig. 11.



Hähne *p* in einem Gerinne bei *n* in die beiden communicirenden, mit einer Feuerung *e* versehenen Pfannen *s*. Mittelst der Röhre *l* kann man die Lauge aus der oberen in die untere Pfanne und mittelst *h* die concentrirte Lauge nach *i* ablassen. Die Flamme bestreicht vom Rost aus zunächst den unteren Herd, passirt den Fuchs *d*, geht über den oberen Herd weg und entweicht, mit Wasserdampf beladen, in den Schornstein. Die Oeffnungen *a* dienen zum Reinigen der Pfannen. Solche Pfannen von 6 Fuß Länge, 6 Fuß Breite und 4 Fuß Tiefe vermögen in 24 Stunden 4500 bis 5000 Gallonen (à 4,543 Liter) Flüssigkeit zu verdampfen. Damit der

Flugstaub möglichst von der Flüssigkeit abgehalten wird, legt man den Rost gern etwas tief. Das Nähere über den Bau solcher Pfannen ist bei Beschreibung des Alaunwerkes zu Falkenau mitgetheilt.

Auf einem Alaunwerk zu Bonn hat Bleibtreu statt der directen Rostfeuerung eine Braunkohlengasfeuerung bei gemauerten Pfannen angewandt und dabei im Vergleich zu den gebräuchlichen gußeisernen Kesseln an Brennmaterialkosten nahe 80 Proc. erspart. Auch wird dabei die Verunreinigung der Rohlauge durch Ruß vermieden.

Das Verdampfen geschieht unter fortwährendem Zusatz von Rohlauge und gewöhnlich einem Theil der Alaunmutterlauge von 40 bis 42° B., welche zweckmäßig in einer von der Hauptpfanne abgehenden Feuerung vorgewärmt wird, bis zu dem gehörigen Grade der mittelst des Aräometers erkannten Concentration. Dabei geht vorhandenes schwefelsaures Eisenoxydul bei dem Luftzutritt in sich absetzendes basisches Eisenoxydsalz (Vitriolschmand) über (S. 68), auch kann sich Gyps und basisch schwefelsaure Thonerde niederschlagen, und zwar letztere bei Anwendung eiserner Gefäße, oder wenn man behuf Gewinnung von Eisenvitriol in der Lauge enthaltenes schwefelsaures Eisenoxyd durch Zusatz von metallischem Eisen in Oxydulsalz überführen will. Das metallische Eisen zerlegt die neutrale schwefelsaure Thonerde unter Bildung von Eisenvitriol und unlöslicher basisch schwefelsaurer Thonerde (S. 47).

Die Lauge muß fortwährend gelinde sieden; bei zu starkem Aufwallen werden Salztheilchen von den Wasserdämpfen mechanisch mit fortgerissen. Der Zusatz von Mutterlauge, welcher am besten geschieht, wenn die Rohlauge mindestens 20° B. zeigt, läßt nicht nur eine Nutzung des noch darin enthaltenen Alauns zu, sondern gestattet auch eine Zeitersparung, indem einestheils die concentrirtere Mutterlauge der Rohlauge Wasser entzieht, als auch, weil die dichtere Flüssigkeit bei einer höheren Temperatur siedet und somit schneller verdampft wegen der größeren Dichtigkeit und Elasticität der bei dieser Temperatur entwickelten Dämpfe.

Der Concentrationsgrad, bis zu welchem die Lauge zu verdampfen ist, hängt wesentlich von dem relativen Gehalte derselben an schwefelsaurem Eisenoxydul und Thonerde ab und muß durch Versuche bestimmt werden. Ist das Thonerdesalz überwiegend (Schwemsal, Falkenau, Schottland, Belgien ꝛc.), so verdampft man die Rohlauge so weit, als es zulässig ist, ohne daß dieselbe bei einer mittleren Temperatur ein den Alaun demnächst verunreinigendes Salz (Bittersalz, Eisenvitriol) auskrystallisiren läßt, und zwar etwa bis zu einer Concentration von 38 bis 42° B., je nach dem größeren oder geringeren Eisengehalt, und fällt alsdann den Alaun durch ein Kalisalz aus. Die erfolgende Mutterlauge kann bei einem hinreichenden Eisengehalt noch auf Eisenvitriol benutzt werden (Vitriolhof zu Goslar), wenn man zur Fällung des Alauns schwefelsaures Kali und nicht Chlorkalium angewandt hatte, in welchem letzteren Falle das Eisen großentheils an Chlor gebunden sein würde. Meist werden aber solche Mutterlaugen nicht mehr auf Eisenvitriol benutzt. Durch Anwendung höherer Temperatur beim Rösten läßt sich der Entstehung eisenreicherer Laugen entgegenwirken, welche stets — insofern die Eisenvitriolgewinnung nicht die Hauptsache und die Alaunbereitung Nebensache ist — ungern gesehen werden und auf die Reinheit des Alauns influiren.

Sind die Rohlaugen reich an Eisenvitriol und ärmer an Thonerdesalz, so verdampft man sie nur bis zu etwa 30 bis 40° B., läßt durch Abkühlung den Eisenvitriol (auch wohl gemischten Vitriol) großentheils auskrystallisiren und benutzt die an Thonerdesalz reicher gewordene, nöthigenfalls bis auf 38 bis 42° concentrirte Mutterlauge auf Alaun (Valmünster, Goslar, Goldene Adler-Hütte bei Wirdberg in Baiern); auch wird der Eisenvitriol wohl, anstatt durch Abkühlung der Lösung, durch fortgesetztes Verdampfen des Wassers ausgeschieden, welcher Punkt über 38 bis 40° B. hinaus eintritt. Unter Ersetzung des verdunsteten Wassers durch frische Lauge nimmt der Gehalt an schwefelsaurer Thonerde so lange zu, bis die Lösung an diesem Salze gesättigt ist. Weist das Aräometer keine Stärkezunahme mehr nach, so unterbricht man die Verdampfung.

Dieses letztere Verfahren der Vitriolabscheidung empfiehlt sich, wenn man zum Ausfällen des Alauns schwefelsaures Kali anwenden kann oder bei erforderlicher Benutzung von Chlorkalium eine hinreichende Menge freie Schwefelsäure zur Bildung von schwefelsaurem Kali vorhanden ist. Ist Letzteres nicht der Fall und muß Chlorkalium angewandt werden, so wird durch vorherige Ausfällung von Eisenvitriol die zur Alaunbildung nöthige Menge Schwefelsäure der Lauge entzogen und es entsteht weniger Alaun, indem schwefelsaure Thonerde und Chlorkalium unverbunden bleiben. Je nachdem nun der wohlfeilere Eisenvitriol oder der theurere Alaun das Hauptproduct ist, hat man das Verfahren zweckentsprechend einzurichten. Es ist gewöhnlich vorzuziehen, erst den Alaun auszuscheiden und dann den Eisenvitriol auskrystallisiren zu lassen, als umgekehrt, weil man dadurch die Ausbringung des theureren Alauns beschleunigt, die Mutterlauge im Winter aufarbeiten kann, wo mehr Zeit vorhanden ist, und geringere Verluste an schwefelsaurer Thonerde hat, welche beim früheren Ausscheiden des Eisenvitriols auf mechanischem Wege verloren geht. Dagegen erhält man bei vorheriger Ausscheidung des Eisenvitriols eine gesättigtere Thonerdelösung, weniger Mutterlaugen und ein feineres Alaunmehl, hat aber mehr Gefäße nöthig, indem zu derselben Zeit die Fabrikation des Alauns und des Eisenvitriols nöthig wird.

Nachdem sich die Gut- oder Gaarlauge in der Pfanne oder in einem hölzernen, wohl mit Blei ausgeschlagenen Kasten (Schlammkasten) geklärt hat, ist sie, wenn kein Eisenvitriol daraus gewonnen werden soll, zur Alaunbildung fertig. Der sich absetzende Vitriolschmand wird entweder nach vorheriger Calcination zu rothen Farben benutzt (S. 76) oder bei einem größeren Gehalte an basisch schwefelsaurer Thonerde zur Rohlauge gegeben, um die Zersetzung der Erdsalze zu befördern.

4) Die Darstellung von Alaunmehl in den Schüttelkästen. Die geklärte Gaarlauge läßt man in Holzkästen (Schüttel-, Rühr-, Kühl- oder

Mehlkästen) ab, kühlt dieselbe durch fleißiges Umrühren ab, wobei, wenn sie nicht zu concentrirt ist, nichts auskrystallisiren darf, fügt eine in möglichst wenig Wasser gelöste heiße Kalisalzlösung hinzu und rührt oder schüttelt dabei fortwährend um (das Schütteln), wobei sich sofort und während des Erkaltens der Alaun als ein krystallinisches Pulver (Alaunmehl, Halbalaunmehl) abscheidet, indem das entstandene Doppelsalz nicht hinreichendes Wasser vorfindet, um in Auflösung zu bleiben. Beide Lösungen werden zur Verminderung des Alaunverlustes möglichst concentrirt angewandt. Wollte man den Alaunfluß in trockenem Zustande anwenden, so würde, weil man den Sättigungspunkt nicht gehörig erkennen kann, das Alaunmehl leicht durch einen Ueberschuß des Fällungsmittels verunreinigt werden, welches sich, wie z. B. schwefelsaures Kali, nur schwierig davon auswaschen läßt. In der Mehlform schließt der Alaun weniger fremde Salze, namentlich weniger Eisensalze ein. Das Rühren geschieht gewöhnlich mit Holzkrücken, seltener mittelst einer maschinellen Vorrichtung, einer stehenden beweglichen Welle mit horizontalen Armen. Nur bei Laugen, welche sehr wenig eisen- und gypshaltigen Schlamm absetzen, ließe sich das Kalisalz direct in der Siedpfanne zur Gaarlauge setzen. Man ersparte auf diese Weise eine besondere Auflösung desselben, sowie die dadurch herbeigeführte Verdünnung der Gaarlauge. Zuweilen erzeugt man kein Alaunmehl, sondern läßt den Alaun in Krystallen anschießen (Goslarscher Halbalaun, erster Alaun zu Hurlet, Rohalaun in Bonn).

Die Wahl des Präcipitationsmittels hängt hauptsächlich von dessen Preis, dann aber auch von der Beschaffenheit der Gaarlauge ab, ob dieselbe z. B. freie Säure enthält oder im Wesentlichen nur neutrale schwefelsaure Thonerde oder neben dieser mehr oder weniger fremde schwefelsaure Salze, namentlich Eisensalze.

Es kommen zur Anwendung:

a) Neutrales (Duplicatsalz) und saures schwefelsaures Kali. Ersteres Salz, $KO \cdot SO_3$ mit 54,08 KO und 45,92 SO_3, erfolgt z. B. als Nebenproduct bei der Reinigung der Potasche, bei der Bereitung der Varec- oder Kelpsoda in England, welche reich an Kalisalzen ist und neben schwefelsaurem Kali auch Chlorkalium enthält, ferner durch Neutralisation des sauren schwefelsauren Kalis mittelst Holzaschenlauge oder ungereinigter Potasche, welche reich an neutralem schwefelsauren Kali ist. Von diesem Salze lösen 100 Th. Wasser bei 0° C. 8,36, bei 12° C. 10 und bei 100° C. 26 Th. Das saure schwefelsaure Kali ($KO \cdot SO_3 + HO \cdot SO_3$ mit 34,61 KO, 58,77 SO_3 und 6,62 HO) wird als Nebenproduct erhalten bei der Zersetzung des Kalisalpeters durch Schwefelsäure behuf der Salpetersäure- und Schwefelsäurebereitung etc. Dieses Salz löst sich in Wasser leicht auf. Das neutrale Salz kann bei der Alaunbereitung fast unter allen Umständen vortheilhaft zur Anwendung kommen; nur wenn die Gaarlauge schwefelsaures Eisenoxyd enthält, so kann sich neben Alaun basisches Eisenoxydsalz oder basisch schwefelsaures Eisenoxyd-Kali als schwerlösliches gelbes Pulver mit dem Alaunmehl abscheiden. Es empfiehlt sich deshalb bei eisenhaltigen Laugen, dem schwefelsauren Kali eine gewisse Menge Chlorkalium (etwa $^1/_4$ bis $^1/_3$ Seifensiederfluß) beizumengen, welches sich mit dem schwefelsauren Eisenoxyd zu schwefelsaurem Kali und leicht löslichem Eisenchlorid umsetzt. Wenn die Rohlauge in eisernen Gefäßen verdampft ist, so kann dieselbe basisch schwefelsaure Thonerde (S. 78) in Lösung enthalten, welche meist erst dann in Gestalt eines weißen, häufig faserig krystallinischen Pulvers von basisch schwefelsaurem Thonerde-Kali niederfällt, wenn man die Gaarlauge mit neutralem schwefelsauren Kali versetzt. In solchem Falle wendet man zweckmäßig zur Fällung saures schwefelsaures Kali an, welches die basisch schwefelsaure Thonerde in neutrale umwandelt und so die Präcipitation des bezeichneten Salzes verhütet.

b) Chlorkalium oder Digestivsalz (KCl mit 52,5 K und 47,5 Cl) kann, als das billigste Kalisalz, in Anwendung kommen, wenn neben der schwefelsauren Thonerde so viel andere schwefelsaure Salze von Eisenoxydul, Eisenoxyd, Magnesia etc. vorhanden sind, daß sich die zur Alaunbildung erforderliche Menge schwefelsaures Kali bilden kann, während das Eisen als leicht lösliches Chloreisen nicht an der Krystallisation Theil nimmt. Enthält die Gaarlauge hauptsächlich nur schwefelsaure Thonerde, so wird ein Theil desselben zur Umwandlung des Chlorkaliums in schwefelsaures Kali verwandt, welches Alaun bildet, aber gleichzeitig geht Chloraluminium in Lösung und führt zu Alaunverlusten. Ist eine bis 36° B. eingedampfte Rohlauge ganz mit Eisenvitriol gesättigt, so genügt dennoch dessen Schwefelsäuremenge nicht, um alles zur Fällung der Lauge erforderliche Chlorkalium in schwefelsaures Kali zu verwandeln.

Daß eine geringe Menge Chlorkalium, neben schwefelsaurem Kali zur Fällung des Alaunmehles angewandt, den Eisengehalt des Alauns vermindern kann, ist bereits erwähnt.

Enthält die Thonerdelösung nach Wilson freie Schwefelsäure, so wird durch dieselbe aus dem Chlorkalium Salzsäure ausgeschieden, welche die Bleigefäße angreift. Dies wird vermieden, wenn man eine Lösung zu erhalten sucht, welche nicht so viel freie Säure enthält, um durch Verbindung mit Alkali die ganze zur Umwandlung der schwefelsauren Thonerde in Alaun nöthige Menge schwefelsaures Alkali zu liefern, sondern weniger, z. B. $^3/_4$ so viel, was vom Eisengehalt der Lösung abhängt. Diese Flüssigkeit wird mit so viel Chlorkalium oder Chlorammonium versetzt, daß dieses durch Zersetzung mit den vorhandenen schwefelsauren Eisensalzen den Rest des zur Alaunbildung nöthigen Alkalis liefert.

Als Chlorkalium enthaltendes Präcipitationsmittel bedient man sich des Seifensiederflusses, der Rückstände von der Salpeterraffination und Bereitung des chlorsauren Kalis, der Glasgalle von der Glasbereitung, der Rückstände bei Verarbeitung der Mutterlaugen der Salinen und des Meerwassers, des Varecs und Kelps auf Jod und Soda etc. Auch erhält man Kalisalze aus manchen Steinsalzbergwerken, z. B. zu Staßfurth, wo im Jahre 1862 an 400000 Ctnr. solcher Salze, namentlich Chlorkalium- und schwefelsaure Magnesia haltig, gewonnen sind. Neuerdings sind manche dieser Kalisalzquellen versiegt (S. 52).

Von reinem Chlorkalium lösen 100 Th. Wasser bei 12° C. 32 und bei 100° C. 59,4 Th. Bei dieser leichten Löslichkeit kann die Chlorkaliumlösung kalt an-

gewandt werden, während die des schwefelsauren Kalis heiß sein muß.

c) Potasche, namentlich die unreineren, an schwefelsaurem Kali reichen Sorten kommen bei Laugen mit freier Säure oder bei gleichzeitiger Anwendung von saurem schwefelsauren Kali zur Nutzung (z. B. zu Altsattel, Falkenau).

Beim Rösten von Alaunschiefern mit Holz kann letzteres so viel Kali in der Asche liefern, daß sich demnächst die concentrirte Rohlauge direct zu Alaun versieden läßt und man nur zu den dabei erfolgenden Mutterlaugen Potasche zu setzen braucht, um daraus noch Alaun zu gewinnen (früher bei Lüttich).

Zu einer neutralen Lösung von schwefelsaurer Thonerde hinzugefügt, bildet die Potasche unlöslichen oder in der concentrirten Mutterlauge löslichen basischen Alaun (S. 48), wodurch ein Alaunverlust entsteht. Bei Anwendung von Potasche muß die Fällung mit der bereits abgekühlten Lauge vorgenommen werden, weil dieselbe schon einen Theil fertig gebildeten Alaun enthalten kann und dieser in Siedhitze als basischer Alaun gefällt werden würde. Holzasche empfiehlt sich wegen ihres Kalkgehaltes nicht.

Die Menge des anzuwendenden Fällungsmittels (Alaunfluß) hängt vom Thonerdegehalt der Gaarlauge, vom Kaligehalt des Kalisalzes, sowie von der Qualität des letzteren 2c. ab und wird vor der Fällung annähernd durch eine Alaunprobe ermittelt. Diese kann auf folgende Weise angestellt werden:

a) Man fügt in einem graduirten Glascylinder einer abgemessenen oder abgewogenen Menge der Gaarlauge so lange in kleinen Portionen eine in Kochhitze gesättigte Auflösung von reinem schwefelsauren Kali hinzu, als noch Alaunmehl gebildet wird. Nach jedem Zusatze rührt man die Flüssigkeit mit dem Niederschlage auf und beobachtet, ob sich das Volumen des Alauns vermehrt hat. Ist dieses nicht mehr der Fall, so ist die Probe beendigt und die Menge des gemessenen Alaunmehls giebt den Maßstab für den Gehalt der Gaarlauge ab. 100 Th. neutrales schwefelsaures Kali geben der Rechnung nach 545 Th. Alaun. Man begeht keinen großen Fehler, wenn man statt der Gewichtstheile Volumtheile der Flüssigkeiten in Rechnung bringt. Bei Anwendung von saurem schwefelsauren Kali rechnet man auf 1 Th. einer kalt gesättigten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak 1 Th. dieses Kalisalzes und 100 Th. des letzteren können 389 Th. krystallisirten Alaun liefern. Da bei dieser Probe das schwefelsaure Kali wegen seiner schweren Löslichkeit ebenfalls in krystallinischem Zustande niederfallen kann, so wendet man zu dem Versuche besser das leicht lösliche schwefelsaure Ammoniak an und berücksichtigt dabei, daß 1 Th. davon 1,32 Th. schwefelsaurem Kali und 1,13 Th. Chlorkalium in der Wirkung gleich ist.

b) Man vermischt eine bestimmte, etwa die zwölffache Gewichtsmenge Gaarlauge mit der einfachen Gewichtsmenge des auf seine alaunbildende Kraft zu prüfenden Kalisalzes. Dieses wird in einer kleinen Bleipfanne in schwacher Lauge (Waschlauge) aufgelöst, in heißem Zustande der bis dahin durch fleißiges Umrühren ziemlich erkalteten Gaarlauge in einem Becherglase zugesetzt und unter stetem Umrühren bis auf 14° R. abgekühlt. Nachdem von dem ausgefällten Alaun die Mutterlauge abgegossen, trocknet man ihn zwischen Fließpapier bei 15° R. so lange, bis zwei Wägungen dasselbe Resultat geben. Aus dem gefundenen Gewichte des Alauns läßt sich das Object an Kalisalzen, welches zur Bildung eines Centners Alaun erforderlich ist, berechnen. Auf dem Alaunwerk Schwemsal werden bei Anwendung dieser Probe auf 108 Loth Gaarlauge von 1,25 spec. Gew. 9 Loth Kalisalz gewonnen.

c) Auf dem Vitriolhofe zu Goslar thut man in jede von 5 kleinen bleiernen Pfannen $^1/_2$ Quart (1 Quart = $^1/_4$ Stübchen = 0,97349 Liter) Gutlauge, erwärmt auf einer Kochplatte und setzt der Reihe nach 5,10, 15,20 und 25 Quint (1 Quint = 5 Grm.) Alaunfluß hinzu.

Sobald unter Erwärmen vollständige Lösungen erhalten worden, gießt man dieselben in 5 Porzellanschalen und läßt während 24 Stunden an einem kühlen Orte Alaun daraus anschießen. Dieser wird zwischen Löschpapier getrocknet, bis auf zehntel Quint gewogen und die Differenz zwischen den 5 Proben ermittelt. Man nimmt alsdann diejenige Probe zum Anhalten, bei welcher zuletzt die Differenz über 5 Quint beträgt.

Erhielt man z. B. von $^1/_2$ Quart Lauge:

bei Probe	1	mit	5 Quint Alaunfluß	20 Quint Alaun	Differenz.
„ „	2	„	10 „ „	35 „ „	15
„ „	3	„	15 „ „	45 „ „	10
„ „	4	„	20 „ „	50 „ „	5
„ „	5	„	25 „ „	54 „ „	4

so ist Probe 3 maßgebend.

Alle diese Proben sind nicht scharf und es bleibt mehr oder weniger Kalisalz und aufgelöster Alaun in den Mutterlaugen. Dadurch aber, daß man die Mutterlaugen von verschiedenen Mehlmachungen in einem gemeinschaftlichen Reservoir ansammelt, können die thonerde- und die kalihaltigen Mutterlaugen sich hinsichtlich ihrer verschiedenen Salzgehalte ausgleichen und noch Alaun geben. Durch theilweisen Zusatz der Mutterlaugen beim Sieden der Rohlaugen kommen die bezeichneten Salze ebenfalls wieder zur Nutzung.

Theoretischen Berechnungen zufolge geben 100 Th. neutrales schwefelsaures Kali mit 196 Th. schwefelsaurer Thonerde 545 Th. Alaun und 100 Th. schwefelsaure Thonerde mit 50,9 Th. neutralem schwefelsauren Kali 277 Th. Alaun.

Enthalten nun 100 Th. Wasser bei 10° C. beispielsweise 30 Th. schwefelsaure Thonerde und eben so viel Eisenvitriol, so werden durch Zusatz von 15,27 Th. neutralem schwefelsauren Kali 83,1 Th. Alaun gebildet werden. Zur Auflösung der 15,27 Th. neutralen schwefelsauren Kalis sind 59 Th. Wasser von 100° C. erforderlich, so daß in den zusammengemischten Lösungen von Thonerde und Kalisalz, welche 83,1 Th. Alaun geben, 159 Theile Wasser vorhanden sind. Da nun 100 Th. Wasser bei 10° C. nur 9,52 Th. Alaun in Lösung erhalten, so bleiben bei Abkühlung der Flüssigkeit bis zu genannter Temperatur in den 159 Th. Wasser nur 15,1 Th. Alaun in Auflösung, während die übrigen 68 Th. des Doppelsalzes als Alaunmehl gewonnen werden.

Von Chlorkalium ist für die Fällung gleicher Mengen Alaun im Verhältniß von 117 : 100 weniger erforderlich, und einen ziemlich gleichen Vortheil erzielt man

bei Anwendung von schwefelsaurem Ammoniak, nur stellt sich hierbei der Nachtheil heraus, daß durch dasselbe im Verhältniß von 100 : 95,6 weniger Alaun erhalten wird.

Als Producte von der Alaunmehlbereitung erfolgen:

a) Alaunmehl, welches, nachdem die Mutterlauge davon entfernt, auf neben den Schüttelkästen befindliche schräge Brücken (Pritschen, Waschbühnen) geschaufelt und nach dem Ablaufen der eingeschlossenen bräunlichen Mutterlauge ausgewaschen wird, indem man es unter Zufluß eines dünnen Wasserstrahles fortwährend umrührt. Auch kann das in Körben befindliche Mehl durch wiederholtes Einsenken derselben in kaltes Wasser ausgewaschen werden, oder man rührt das Mehl in kaltem Wasser um, entfernt das Waschwasser mittelst eines Hebers 2c. und wiederholt die Operation mit frischem Wasser nochmals. Zur möglichsten Entfernung des Eisensalzes empfiehlt sich ein Auswaschen mit einer kleinen Portion Wasser. Man hört damit auf, wenn Blutlaugensalz das Waschwasser nicht mehr bläut.

Das gewaschene Alaunmehl wird meist durch ein- oder mehrmaliges Auflösen in heißem Wasser und Krystallisiren gereinigt (raffinirt) und in die im Handel erwünschte Form gebracht, zuweilen aber auch auf Trockenherden getrocknet und unter dem Namen pulverisirter Alaun in den Handel gegeben (Schwemsal).

Hat man den ersten Alaun nicht in Mehlform, sondern in Krystallen erhalten, so werden dieselben in ähnlicher Weise wie Alaunmehl gewaschen und durch Auflösen in heißem Wasser und Krystallisirenlassen noch ein- oder zweimal raffinirt (Goslar, Hurlet, Bonn).

b) Mutterlauge, von etwa 40° B. Dichtigkeit. Dieselbe wird je nach ihrer Beschaffenheit entweder, nachdem noch Eisenvitriol daraus angeschossen, weggethan (Goslar) oder beim Versieden der Rohlauge ganz oder theilweise zugesetzt (Altsattel, Falkenau) oder für sich allein in gemauerten Pfannen eingesotten, nochmals auf Mehlalaun benutzt und die dabei erfolgende Absatzmutterlauge in große Bassins geführt, in denen sich noch Alaun und im Winter Glaubersalz ausscheidet (Schwemsal). Behuf Benutzung auf Mehlalaun fügt man zu einer Probe Mutterlauge einmal Alaunfluß, zu einer anderen Probe Gutlauge, um zu erfahren, welcher und wie viel Zusatz zur Alaunbildung erforderlich ist. Diese Proben werden ebenso ausgeführt, wie die Gutlaugenproben (S. 85).

Man benutzt eine eisenhaltige Mutterlauge wohl noch auf rothe Eisenfarben (S. 76) oder nach vorherigem Zusatz von metallischem Eisen auf Eisenvitriol, zur Darstellung von Berlinerblau, mit Kalk eingetrocknet als Düngmittel, zur Bildung von schwefelsaurem und salzsaurem Ammoniak aus kohlensaurem Ammoniak, auf Glaubersalz und Bittersalz 2c.

c) Waschwasser. Die Waschwasser werden durch wiederholte Anwendung zum Waschen concentrirt und beim Versieden der Rohlauge zugesetzt (Schwemsal) oder sie werden zum Auflösen des Alaunflusses benutzt.

5) Umkrystallisiren (Raffiniren, Wachsmachen) des Rohalauns. Zur möglichst vollständigen Abscheidung des Eisens und zur Erzielung im Handel geforderter, großer, oktaedrischer Krystalle wird der Alaun entweder nur einmal oder auch zweimal raffinirt, indem man in letzterem Falle das Alaunmehl in bleiernen Pfannen in Wasser löst, die Lösung bis zu einer gewissen Concentration (z. B. 40° B.) bringt und durch Rühren beim Abkühlen abermals Mehl erzeugt (Falkenau), oder indem man den in Krystallen erhaltenen Roh- oder Halbalaun in durch Wasserdampf erhitztem Wasser in steinernen Cisternen löst, die concentrirte Lösung sich einige Zeit abklären läßt und dann in gemauerte Kühlgefäße überführt, in welchen sich zweiter Halbalaun in Krystallen ansetzt, die dann zur endlichen Raffination kommen (Hurlet).

Diese kann auf die Weise ausgeführt werden, daß man

a) das Halbalaunmehl oder Halbalaunkrystalle in bleiernen Pfannen in möglichst wenig Wasser auflöst, die Lösung bis zu einem gewissen Grade (48 bis 50° B.) concentrirt und in die hölzernen, wohl mit Blei ausgeschlagenen Krystallisirgefäße, Setz- oder Wachsfässer von der Form abgestumpfter Kegel oder viereckiger Anschußkästen, zur Krystallisation abläßt (Falkenau, Goslar);

b) zur Auflösung des Alauns nur Wasserdampf anwendet, um möglichst rasch concentrirte Lösungen zu erhalten. Man bedient sich hierzu hölzerner, mit Blei ausgeschlagener bedeckter Kästen, auf deren Boden der Dampf mittelst eines durch den Deckel geführten Rohres tritt und den auf durchlöcherten Querlatten vertheilten Alaun zur Lösung bringt (England, Schottland). Oder es befindet sich über dem Kasten als Deckel ein bleiernes Sieb, welches das Alaunmehl aufnimmt und von Wasserdampf durchdrungen wird, den man durch zwei bleierne Schlangenrohre in den Kasten leitet (Schwemsal). Auch besitzt wohl der das Alaunmehl aufnehmende Apparat die Gestalt eines im Deckel befestigten bleiernen Trichters, dessen Seitenwände mit Löchern von 3 Linien Durchmesser, und zwar 300 auf 1 Quadratfuß Fläche, versehen sind. Der Dampf wird durch ein den Deckel durchsinkendes Rohr in den Kasten geleitet und es tröpfelt alsbald die Lösung bei einer Temperatur von 100° C. auf den Boden des Kastens. Im Trichter in geringer Menge etwa zurückbleibender basischer Alaun wird zur Alaunflußlösung gesetzt und wieder aufgelöst. Die Alaunlösung von 1,485 bis 1,515 spec. Gew. wird alle paar Stunden in die Wachsfässer abgelassen, in denen er in um so größeren Krystallen anschießt, je langsamer man die Lösung abkühlt. Aus diesem Grunde werden wohl die Wachsgefäße bedeckt gehalten. Durch Einhängen von Rohrstäben in die Lösung kann man die Krystallisation beschleunigen; sonst setzt sich der Alaun am Rand und am Boden der Gefäße je nach der Quantität der Lösung in einer mehr oder weniger dicken, nach innen krystallisirten Kruste ab. Größere Krystalle können das Faß in seinem Durchmesser durchkreuzen.

Nach beendigter Krystallisation, deren Dauer sich hauptsächlich nach der Lufttemperatur richtet, wird zunächst die Mutterlauge von den Krystallen entfernt. Erfolgen letztere hauptsächlich an Rohrstäben (Goslar) und ist die an Boden und Wänden der Kästen befindliche Kruste verhältnißmäßig dünn, so läßt man die

Mutterlauge durch ein Zapfloch am Boden in eine zum Mutterlaugenbassin führende Rinne ab, wirft die an den Rohrstäben haftenden Krystalltrauben (wohl Jöckel genannt) in einen vorn offnen Kasten oder auf Pritschen mit geneigter Sohle, damit die Mutterlauge ablaufen kann, stößt einige Zeit nach dem Abfließen der Mutterlauge die Krystalle von den Wänden (Umgut) und von dem Boden (Bodengut) ab und hält beide separirt, weil letztere unreiner sind. Jöckel und Umgut werden mit kaltem Wasser gewaschen, auf schrägen Pritschen getrocknet, gesiebt und die Siebgröbe in Fässer gepackt in den Handel gegeben. Siebfeines und Bodengut werden aufgelöst und gewöhnlich mit Halbalaun aus Mutterlaugen nochmals raffinirt.

Zur Ersparung der Fastage beim Transport des Alauns oder zur Abkürzung der Arbeit dient auf größeren Alaunwerken dasjenige Verfahren, nach welchem man hohe Wachsfässer aus gut passenden, inwendig in den Fugen mit Thon verschmierten, auch wohl mit Blei gefütterten Stäben oder Dauben von Eichenholz, mit Eisenreifen umgeben, zusammensetzt und sich an Wänden und Boden eine dicke Alaunkruste bilden läßt. Nach beendigter Krystallisation nimmt man die Eisenreife und numerirten Dauben weg (Fig. 12), schlägt unten in die Wandungen des Alauncomus einige Löcher, durch welche die Mutterlauge in eine Rinne abfließen kann, oder schöpft die Mutterlauge aus oder zieht sie mittelst eines Hebers ab, säubert die Außenseiten mit einem

Fig. 12.



Beile von anhaftenden Unreinigkeiten, zerschlägt die Masse, wäscht sie mit kaltem Wasser und trocknet sie auf gegen den Horizont geneigten Bühnen (Schwemsal). Man hält auch wohl das Umgut von dem abgeschlagenen Bodengut getrennt und giebt ersteres ohne Weiteres in den Handel, während letzteres zerkleint, gewaschen und getrocknet und nöthigenfalls bei schlechter Beschaffenheit nochmals beim Lösen des Alaunmehls zugesetzt wird (Falkenau). Zuweilen wird, wie auf dem Bonner Alaunwerk, das Bodengut vom Umgut abgesägt und das mit den festgekeilten Holzreifen umgebene cylindrische Umgut direct in den Handel gegeben, wenn man es nicht vorzieht, den Alauncomus in Streifen zu zersägen und diese in etwas Stroh gepackt zur Axe zu bringen.

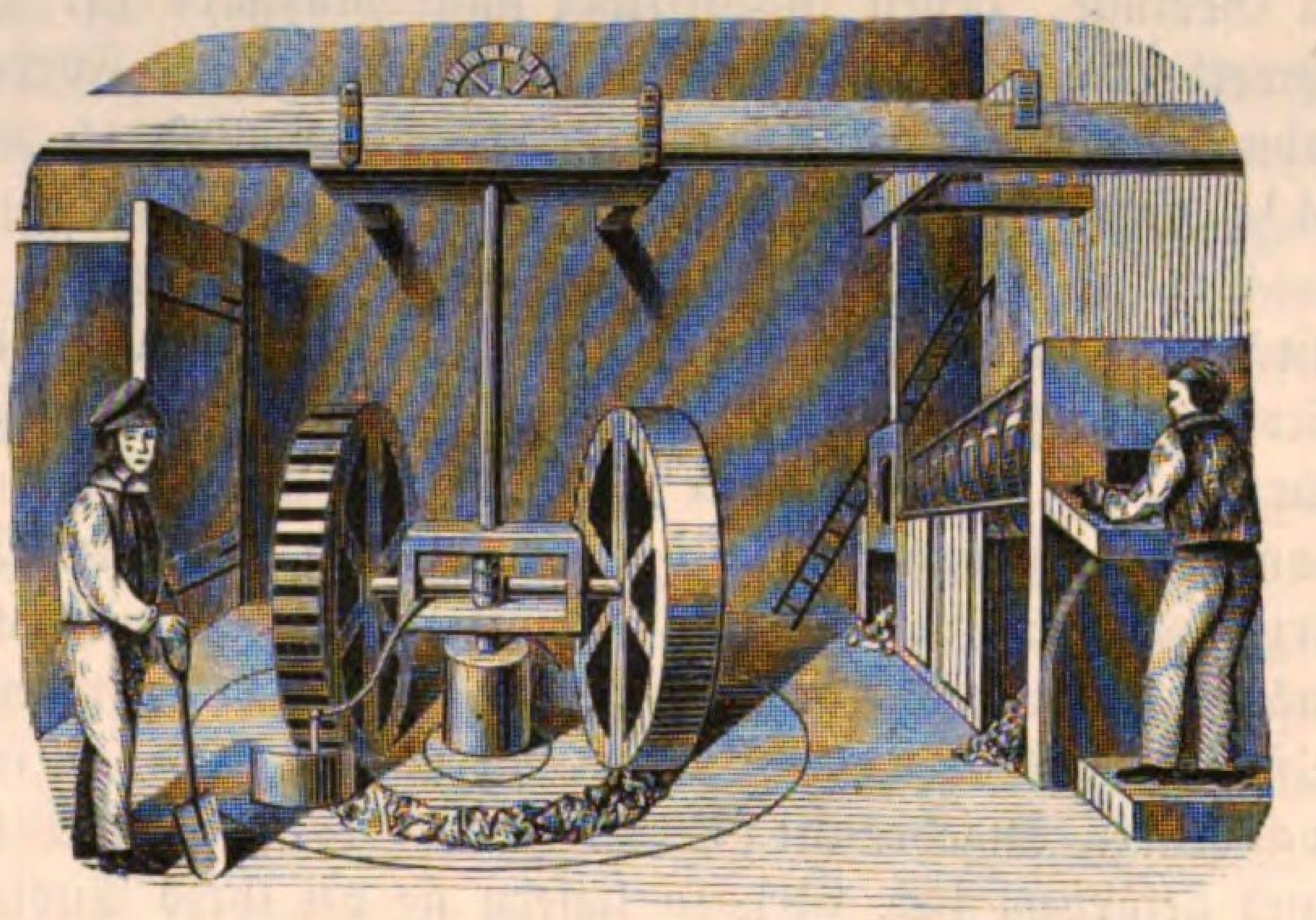
Auf englischen und schottischen Alaunwerken nimmt man zur Ersparung an Wachsfässern die Dauben vom Alauncomus ab, wenn dessen Wände dem inneren Drucke der Flüssigkeit hinreichend widerstehen. In diesem Zustande bleibt dann der Alaunkonus stehen, bis Alles auskrystallisirt ist, worauf man die Mutterlauge abzapft und wie oben verfährt.

Um die sich anfänglich bildende Alaunkruste zu halten, damit sie nicht herunterfällt und dadurch die Krystallisation stört, werden wohl auf die Füssigkeit der eben gefüllten Wachsfässer mehrere Holzstäbe quer über einander gelegt (Belgien).

Die Producte von der Raffination sind:

a) Alaun (Wachs, Alaunkaufgut) in Gestalt größerer und kleinerer Krystalle oder oblonger Blöcke mit Krystallen nach der Innenseite zu oder in Form von hohlen abgestumpften Kegeln, äußerlich glatt, innerlich krystallisirt. Zweimal umkrystallisirte Waare wird wohl raffinirter Alaun genannt (Schwemsal). Da der Alaun in Pulverform leichter löslich ist, als in Stücken, was bei seiner Verwendung in Färbereien und Kattundruckereien Erleichterung der Arbeit gewährt, so kommt derselbe auch als Alaunmehl (nicht zu verwechseln mit dem in den Rüttelkästen, S. 87, erzeugten Alaunmehl) in den Handel, indem man denselben unter Kollermühlen (Fig. 13) zerkleint. Dieselben bestehen aus zwei, an einer horizontalen Axe befestigten schweren Rädern von Gußeisen, das eine an der Peripherie cannelirt, das andere platt. Die horizontale Radaxe ist an einer stehenden Welle befestigt, bei deren

Fig. 13.



Drehung die Räder im Kreise herumlaufen. Der Alaun wird stets im Bereich ihres Kreislaufes durch zwei verticale Bleche gehalten, von denen das eine denselben nach einwärts, das andere nach auswärts fegt. Die geriefelte Walze zerquetscht die größeren Fragmente, bevor sie der Thätigkeit der glatten Oberfläche der anderen unterworfen werden. Nach gehöriger Zerkleinung wird das Pulver in ein seitwärts gelegenes Cylindersieb geschafft, dessen unterer schwach geneigter Theil aus Drahtgaze und die obere Wölbung aus Weißblech besteht. Bürsten im Innern des Cylinders treiben beim Rotiren desselben das Alaunmehl durch die Gaze, welches sich in darunter befindlichen Kästen ansammelt, während die unten aus dem Cylinder tretende Siebgröbe nochmals unter die Walzen

der Kollermühle kommt. Der größte Theil des schottischen Alauns geht in gemahlenem Zustande in den Handel.

Auch wird der Alaun bei der letzten Krystallisation wohl gleich als Alaunmehl abgeschieden, wie das von einer früheren Krystallisation.

b) Mutterlauge (Wachslauge). Dieselbe kann je nach der Beschaffenheit des Alaunerzes und des angewandten Alaunflusses schwefelsaure Salze von Eisenoxydul, Eisenoxyd, Magnesia, Alkalien, Chloreisen, freie Schwefelsäure und andere Bestandtheile enthalten, meist aber in geringeren Mengen, als die Mutterlauge von der Mehlbereitung (S. 87). Sie findet je nach ihrer Beschaffenheit eine ähnliche Verwendung, wie diese.

c) Waschwasser, werden ähnlich behandelt, wie die Waschwasser vom Alaunmehl.

d) Unauflöslicher Rückstand auf dem Bodengut, welcher, zum Theil aus basischem Alaun bestehend, in einem Sumpfe gesammelt und entweder in den Rohlaugenbehälter gethan (S. 74) oder zu der eisenvitriolhaltigen Mutterlauge gesetzt wird, wobei derselbe durch die in Folge der Oxydation des Eisenvitriols entstehende freie Schwefelsäure gelöst wird. Auch kann sich eine directe Behandlung desselben mit Schwefelsäure lohnen.

6) Beispiele für die Darstellung des Alauns aus verwitterten Alaunerzen.

a) Alaunwerk zu Schwemsal bei Düben. Dieses Werk, dessen schon im Jahre 1560 Erwähnung geschehen, besitzt einen Tagebau mit zwei nutzbaren Alaunerzflötzen von zusammen 2¼ Lachter Mächtigkeit. Sowohl die Abraumarbeiten, als die Erzgewinnungs- und Förderarbeiten auf der Grube „Gott meine Hoffnung" geschehen im Gedinge, dessen Regulirung nach Maßgabe der Beschwerlichkeit der Gewinnung und der Länge der Förderbahnen unter Zugrundelegung eines Normallohnes von 11¼ Sgr. pro 12stündige Schicht geschieht.

Die geförderten Alaunerze (S. 63) werden in schräg abgestumpften, dreiseitig prismatischen Haufen oder Strichen in solchen Quantitäten bis 7 Fuß hoch aufgestürzt, daß 5 Halden à 1252,8 Cubikfuß (jetzt auf Tonnengemäß reducirt) auf 29 Fuß Länge kommen. Die Erze werden einer 24- bis 36monatlichen Verwitterung ausgesetzt, wo sie dann bei gutem Gange des Processes reif sind. Waren die Erze, wenn man sie über 7 Fuß hoch stürzt, angebrannt (S. 68) oder bei feuchter Witterung gefördert (S. 69), so liefern sie bei ihrer Auslaugung schlechtere Resultate, als gut gereifte Erze. Von den Kennzeichen der Reife war S. 69 die Rede.

Man rechnet den Reifungsverlust nebst dem durch mechanische Fortführung von Erztheilchen erwachsenden Verlust durchschnittlich zu 9 Volumprocenten.

Das Auslaugen der Erze geschieht in 28 Kästen von 13 Fuß Länge und Breite und 1½ Fuß Tiefe. In ½ Fuß Höhe über dem Boden befindet sich ein Losboden mit Strohseihen, welche mit einer Lage ¾ Zoll starker Verschlagsbretter bedeckt sind. Auf diese wird das Erz bis zu 7 Zoll Höhe eingebracht und so weit mit Wasser und schwacher Lauge überdeckt, daß dasselbe 3 Zoll Ueberstand hat. Die Kästen stehen in 2 Reihen über einander, so daß die Lauge von der oberen auf die untere Kastenreihe abgelassen werden kann. Gut gereifte Erze werden 24 Stunden mit dem Wasser in Berührung gelassen, dann nochmals in Haufen aufgestürzt, einer noch 2- bis 3jähriger Nachreife ausgesetzt, dann beim Verlaugen der gut gereiften Erze mit verwandt, durch zweimalige Behandlung mit Wasser völlig ausgelaugt und hierauf abgesetzt. Die dabei erfolgende Lauge dient zum Auslaugen guter frischer Erze. Während des Verwitterns angebrannte Erze werden gleich nochmals völlig mit Wasser ausgelaugt und die Rückstände über die Halde gestürzt.

Die aus alten nachgereiften Erzen erfolgende Lauge hat etwa ½ bis 2° (die Scale des Aräometers ist so eingetheilt, daß die Hunderttheile des Uebergewichtes über das specifische Gewicht des Wassers = 1,00 bei 15° R. die Grade angeben), die Lauge von frischen, gutgereiften oder von gebrannten Erzen hat 4° und mehr und wird entweder sofort zur Dornengradirung gegeben oder durch nochmaliges Aufbringen auf frisches Erz bis zu 5 bis 6° concentrirt. Aermere, als 4grädige Laugen werden in einem besonderen Bassin aufbewahrt und meist wieder zur Auslaugung frischen Erzes angewandt; nur bei günstiger Witterung übergiebt man sie dem Gradiren. Während man bei gut gereiften Erzen von einer Halde 600 bis 800 Cubikfuß Rohlauge von 4° erhält, sinkt diese Menge bei gebrannten oder schlecht gereiften Erzen bis auf 300 Cubikfuß pro Halde. Die Arbeiten bei der Laugung geschehen im Gedinge.

Die 4- bis 6grädigen Laugen zapft man in ein gemauertes Bassin, deren 3 vorhanden, ab und hebt sie mittelst einer Windpumpe oder bei Windstille durch eine Klotzpumpe in eine Röhrenfahrt, welche zum Bassin der Gradirung führt.

Das Gradirwerk ist 135 Fuß lang und 33½ Fuß hoch, mit Oberbassin und doppelten Dornenwänden versehen, deren einseitige Fläche 3705 Quadratfuß und deren ganzes Dorngewebe 48165 Cubikfuß hält. Die 130 Fuß langen und 28½ Fuß hohen Dornwände sind unten 14½, oben 11½ Fuß breit und in 3 Fälle eingetheilt, von denen der erste 63, der zweite 40½ und der dritte 26½ Fuß lang ist. Vier Unterbassins unter den Pritschen der Dornwand nehmen in 4 Abtheilungen die Laugen von verschiedener Grädigkeit auf. Die 4- bis 6grädige Lauge concentrirt sich durch den ersten Fall auf 8 bis 10°, den zweiten auf 15 bis 16° und den dritten auf 20 bis 22°, wobei ein Verlust von 17 bis 24 Proc. der angewandten Lauge stattfindet.

Zur Darstellung von 100 Cubikfuß Gutlauge von 20° aus 4grädiger Rohlauge sind von letzterer 602,4 bis 658,0 Cubikfuß erforderlich, und erfolgen somit von einer Halde, welche 600 Cubikfuß 4grädige Lauge giebt, 91,1 bis 99,6 Cubikfuß Gutlauge von 20°. Bei durchschnittlich 200 Gradirtagen und 100 Gradirnächten im Jahre kommen 120000 Cubikfuß Rohlauge von 4° zur Gradirung und erfolgen davon 19920 Cubikfuß Gutlauge à 20°, so daß eine Verflüchtigung von 100080 Cubikfuß Wasser stattfindet, was für einen Gradirtag incl. 17 Proc. Verlust etwa 500,4 Cubikfuß beträgt.

Die gradirte Lauge fließt aus dem Sammelkasten durch eine Röhrenfahrt in ein Bassin der Siederei, von wo sie in die Siedpfanne gepumpt wird. Die bleierne Siedpfanne von 230 Cubikfuß Inhalt wird durch 2 Planroste befeuert, deren abgehende Hitze noch eine über

der großen befindliche kleine bleierne Vorwärmpfanne von 60 Cubikfuß Inhalt erwärmt. Aus letzterer führt man in erstere durch ein kleines Gerinne während des Siedens immer so viel Lauge zu, als Wasser verdampft und bis die Lauge eine Concentration von 34° erreicht hat. Lauge von verbrannten Erzen setzt einen Schlamm ab und giebt zu einer reichlicheren Bildung von Kesselstein Veranlassung. Diese Gaarlauge leitet man dann zur Klärung in einen großen hölzernen Kasten (Schlammkasten) und nach etwa ½ Stunde in 8 Schüttel-, Rühr- oder Kühlkästen, wo sie mit dem aufgelösten Kalisalz beschickt und fleißig umgerührt wird. Die Menge des zuzusetzenden Alaunflusses wird auf die S. 86 angegebene Art ermittelt.

Das von der abgepumpten Mutterlauge befreite Alaunmehl wird auf Waschbänken gereinigt, die Waschlauge durch wiederholte Anwendung zum Waschen auf 8 bis 12° angereichert und beim Versieden der Gutlauge hinzugefügt, die Mutterlauge aber für sich allein in einer gemauerten Pfanne von 285 Cubikfuß Inhalt eingesotten. Dieselbe ist aus harten Mauersteinen mit Cement gemauert und ausgestrichen, die Flamme vom Planrost überstreicht die Flüssigkeit und geht unter der Vorwärmpfanne durch in die Esse. Die auf nur 31° concentrirte Mutterlaugen-Gaarlauge wird wie die 34grädige Gutgaarlauge behandelt und die von dem Mehlalaun genommene Absatzmutterlauge in große Bassins, deren 12 vorhanden, übergeführt, an deren Wänden sich noch Alaunkrystalle ansetzen. Durch Aussetzen der Lauge in freistehenden Kästen der Winterkälte schießen an hineingeworfenen Besenreisern Glaubersalz-Krystalle an.

Versiedet man Lauge von verbrannten Erzen in der gemauerten Pfanne, so geht der in der Lauge enthaltene feine Erzschlamm theilweise auf die Oberfläche und bildet eine Kruste, in Folge dessen die Verdampfung aufhört. Ein ordinairer Gutlaugensud von 525 Cubikfuß (415 Cubikfuß 20grädige Gutlauge und 110 Cubikfuß 8- bis 12grädige Wasch- oder Wachslauge) liefert in etwa 4 Tagen mit 5,5 Mille Torf an 230 Cubikfuß Gaarlauge von 34°, so daß pro Mille Torf 54 Cubikfuß Wasser verdampft werden. Man erhält dabei 78 Ctnr. gewaschenes Alaunmehl und etwa 200 Cubikfuß Mutterlauge von 20 bis 24°.

Zu einem Mutterlaugensude gehen 500 Cubikfuß (450 Cubikfuß Mutterlauge von 20 bis 24° und 50 Cubikfuß Schlamm- und Waschlauge von 10 bis 21°, welche in etwa 3 Tagen mit 4,5 Mille Torf 285 Cubikfuß Gaarlauge von 31° geben, so daß 1 Mille Torf 50 Cubikfuß Wasser verdampft. Es erfolgen 20 Ctnr. gewaschenes Alaunmehl und an 190 Cubikfuß 26- bis 28grädige Absatzmutterlauge. Der Waschabgang beträgt etwa 10 Proc., steigt jedoch bei der Fabrikation von pulverisirtem Alaun als Handelsproduct bis auf 15 Proc., weil dann das Alaunmehl meist mehrere Male gewaschen wird, worauf ein Trocknen auf Herden folgt.

Der in dieser Form nicht abgegebene Alaun wird nochmals umkrystallisirt. Ueber einem mit Blei ausgeschlagenen Holzkasten befindet sich als Deckel ein Bleisieb, auf welches das Alaunmehl gethan wird. Die in einem aus Eisenblech hergestellten und mit retour d'eau versehenen Dampfkessel erzeugten Wasserdämpfe leitet man durch 2 Schlangenrohre unter die Siebfläche und läßt die erhaltene Lösung etwa alle 2 Stunden in große Wachsfässer von Eichenholz, worin der Alaun während 8 bis 12 Tagen je nach der Lufttemperatur auskrystallisirt, ab.

Hierauf schöpft man die Mutterlauge (Wachslauge) aus und giebt sie zur Siedung, nimmt die Fässer aus einander, reinigt den Faßalaun oberflächlich mit Beilen, zerschlägt denselben, wäscht und bringt das Wachsgut etwa 10 Tage auf Trockenherde, von denen 60 Stück vorhanden sind. Die Dauben der Wachsfässer befreit man durch Abbrühen von anhaftendem Alaun, läßt diesen aus der Lösung krystallisiren, wäscht ihn aus und setzt ihn später beim Wachsmachen wieder zu.

Bei einer Auflösung (Wachs) mittelst Dampfes werden innerhalb 52 Stunden etwa 365 Ctnr. Rohalaun bei 4 Mille Torf gelöst, wovon an 290 Ctnr. Alaunkaufgut und 180 Cubikfuß Wachslauge von 8 bis 10° erfolgen. 5 Rohalaun geben danach etwa 4 Alaunkaufgut. 1 Halde liefert durchschnittlich 22 Ctnr. Alaun.

Soll sogenannter raffinirter Alaun dargestellt werden, so wird Alaunkaufgut nebst dem reinsten Abputz von den Alaunkegeln mittelst Dampfs gelöst und nochmals umkrystallisirt.

Die Reservoirs für die Mutterlaugen, Absatzmutterlaugen, Wasch- und Wachslaugen werden von Zeit zu Zeit von den an den Wänden anhaftenden Krystallen und dem beim Waschen mit fortgeführten, zu Boden gegangenen Alaunmehl gereinigt. Die hierbei gewonnenen Producte werden entweder nochmals gewaschen und mittelst Dampfs gelöst oder, wenn sie sehr schmutzig sind, durch Auflösen in schwacher Lauge und Umkrystallisiren erst gereinigt, dann mittelst Dampf aufgelöst und nochmals zur Krystallisation gebracht.

Die Analyse von einem cubischen Alaun ist S. 51 mitgetheilt. Der gute Schwemsaler Alaun enthält so geringe Mengen von Eisen, daß derselbe mit Blutlaugensalz eine blaßblaugrüne Trübung, mit Eisenkaliumcyanid keine Fällung, mit Rhodankalium und Galläpfeltinctur keine Färbung giebt.

b) Alaunwerk zu Falkenau in Böhmen. Das fein eingesprengten Schwefelkies enthaltende Lettendach über dem mittleren Braunkohlenflötze wird in abgestumpft pyramidalen Haufen von 90 Fuß Länge, 16 Fuß Breite und 10 Fuß Höhe 2 bis 3 Jahre lang der Verwitterung ausgesetzt und bei gehöriger Reife (S. 69) in hölzernen Kästen von 18 Fuß Länge, 4 Fuß Tiefe und 8 Fuß Breite, mit Losboden 5 Zoll über dem Hauptboden, mit Armlauge 24 Stunden stehen gelassen. Nachdem dann die Reichlauge von 20° B. abgezogen, gießt man auf den Rückstand nochmals Wasser, läßt wieder 24 Stunden stehen und erhält dabei 12grädige Armlauge zur Extraction frischen Erzes.

Das Versieden der Reichlauge geschieht in 3 steinernen Pfannen von 24 bis 40 Fuß Länge, 5 bis 6 Fuß Breite und 3 Fuß Tiefe. Ihre Herstellung geschieht auf die Weise, daß man auf einer 1 Fuß hohen festgestampften Thonlage eine 1 Fuß hohe Lage hochkantig gestellter und mit Kalk verbundener Barnsteine aufmauert und auf diese eine durch Mörtel verbundene Schicht flachgelegter Barnsteine bringt. Auf diesem Boden führt man aus gleichem Material die Seitenmauern 1 Fuß

dick und 3 Fuß hoch auf, zieht um diese in 6 Zoll Abstand eine zweite Mauer, stampft den Zwischenraum voll gereinigten Thones, schlägt über der Pfanne ein flaches Längsgewölbe und legt an die eine kurze Seite einen 3 Fuß langen und 2 Fuß ½ Zoll breiten Feuerungsraum, dessen 14 Roststäbe bei ¾ Zoll Zwischenraum und 1¾ Zoll Breite 10 bis 12 Zoll unter dem Pfannenrande zu liegen kommen.

Der Rost speist sich durch einen trichterförmigen Schacht mit Braunkohlen von selbst. Die Feuergase ziehen an der anderen kurzen Pfannenseite durch 4 Oeffnungen im Gewölbe in eine 42 Fuß hohe Esse. Zwei Oeffnungen in der Mitte des Gewölbes dienen zum Einlassen und Probiren der Lauge, sowie 2 mit Holzflöcken verschließbare Bleiröhren am Boden der Pfanne, an der Seite des Feuerraumes, zum Ablassen der gaaren Lauge.

Nachdem sich die Reichlauge unter stetem Ergänzen des verdampften Wassers bis auf 38° concentrirt hat, gelangt dieselbe zunächst in eine bleierne Kühlpfanne, wo man ihr auf 1 Cubikfuß etwa 13 Pfd. Potasche zusetzt, von da in die hölzernen Schüttelkasten, worin man sie zur Abscheidung von erstem Halbalaun in Mehlform täglich mehrmals mit Krücken umrührt. Das Mehl löst man in Bleipfannen von 2 Fuß Tiefe, 6 Fuß Breite und 12 Fuß Länge in Wasser, concentrirt die Lösung bis auf 40°, bildet abermals Mehl, löst dieses, während beide Mutterlaugen zur Reichlauge gegeben werden, abermals in Wasser, concentrirt bis 40° und läßt die Gutlauge etwa 12 Tage lang in den Krystallisirgefäßen stehen. Letztere werden dann auseinandergenommen, durch Einschlagen eines Loches in den Boden des Alauncomus die Mutterlauge abgezapft, das Bodengut abgeschlagen, zerkleint, gewaschen und getrocknet, nöthigenfalls nochmals mit dem zweiten Alaunmehl aufgelöst, während das Umgut gleich Handelswaare ist. Von Januar bis März findet Grubenbetrieb und nur von April bis December Laugereibetrieb Statt. Jährliche Production 10000 Ctnr. Alaun. Das in der Nähe gelegene Procopi-Werk bei Kahr liefert jährlich 2000 Ctnr. Alaun.

c) V i t r i o l h o f z u G o s l a r. Der K u p f e r r a u c h des Rammelsberges (S. 70) wird in 3 Auslaugebütten (Treckbütten) von 3½ Fuß Tiefe, 10 Fuß unterem und 9 Fuß oberem Durchmesser in der Weise eingelaufen, daß zu unterst das Kleine, darauf 105 bis 110 Cubikfuß warmes Wasser, dann wallnußgroße Stücke (Kleinkern) und zu oberst Stücke von der Größe eines Borsdorfer Apfels (Kern) kommen. Ein Einsatz (Treckwerk) besteht aus 20 Scherben (1 Scherben = 4 Cubikfuß 526,5 Cubikzoll = 0,1073 Cubikmeter). Man harkt die Masse jeden Tag einmal um und läßt die obere klare Lauge von 1,15 bis 1,2 spec. Gew. in 2 Schier- oder Klärbütten ab, während die untere trübe Lauge in Schlammbütten übergeschöpft wird. Nach eingetretener Klärung läßt man die R o h l a u g e in zwei in der Erde liegende Sumpfbütten von 3½ Fuß Tiefe, 8 Fuß unterem und 7 Fuß oberem Durchmesser ab.

Der Rückstand aus den Treckbütten wird ausgeschlagen und in Körben in Wasser ausgewaschen, die bis 1,16 bis 1,17 spec. Gew. von 4 Treckwerken angereicherte Waschlauge wie Rohlauge behandelt und der Waschrückstand zur Schmelzung in die Hüttenwerke oder zur Verwitterung gegeben.

Der Büttenschlamm aus den Schier- und Schlammbütten wird weggethan oder zu Farbe gebrannt.

Früher wurde die Rohlauge

α) theilweise für sich in einer 11 Fuß breiten, 4 Fuß langen Vorwärm- und 11 Fuß langen, 10½ Fuß breiten und 1 Fuß 8 Zoll tiefen Siedpfanne auf 1,43 spec. Gew. gebracht, in 3½ Fuß tiefen, unten 8 Fuß 4 Zoll und oben 7 Fuß 10 Zoll weiten Kühlbütten 10 bis 12 Stunden geklärt und dann in Setzfässern von 3½ Fuß Tiefe, 5 Fuß unterem und 4½ Fuß oberem Durchmesser zur Krystallisation gebracht. Dabei erfolgte als Handelswaare o r d i n a i r e r g r ü n e r V i t r i o l (a), desgleichen solcher aus der Mutterlauge (b) nach B. I l l i n g von folgender Zusammensetzung:

	a.	b.
Eisenoxydul	16,00	18,87
Zinkoxyd	11,07	4,01
Kupferoxyd	3,09	Spr.
Manganoxydul	0,60	Spr.
Thonerde	1,04	0,71
Magnesia	0,51	0,18
Kali	0,36	0,85
Natron	1,09	1,24
Schwefelsäure	27,15	31,27
Wasser	40,00	42,87

β) Beim Versieden eines Theiles der Kupferrauchrohlauge wurde durch altes Abfalleisen das Kupfer ausgefällt und die Lauge alsdann auf g u t e n g r ü n e n V i t r i o l versotten, welcher nach v. G r a b a enthält:

Eisenoxydul	27,21
Zinkoxyd	0,98
Manganoxydul	Spr.
Kupferoxyd	0,41
Thonerde	1,36
Magnesia	0,47
Kali	0,62
Natron	0,80
Schwefelsäure	28,95
Wasser	39,84

γ) Ein Theil der Kupferrauchrohlauge wurde mit kupferhaltigen Lösungen vermischt und auf vermischte oder S a l z b u r g e r V i t r i o l e mit verschiedenem Kupfergehalte versotten, als Nr. 0 (nach G r a b a), Nr. 1 (nach D e p p e) und Nr. 2 (nach D e p p e):

	Nr. 0.	Nr. 1.	Nr. 2.
Eisenoxydul	15,82	10,96	18,36
Zinkoxyd	6,02	12,03	9,20
Kupferoxyd	5,71	4,69	3,32
Manganoxydul	Spr.	Spr.	Spr.
Thonerde	1,17	1,10	0,96
Magnesia	0,47	0,17	0,14
Kali	0,39	0,63	0,71
Natron	0,90	0,53	1,30
Schwefelsäure	30,09	29,53	32,30
Wasser	40,16	40,00	34,33

Die Mutterlaugen von sämmtlichen Vitriolsorten wurden nach ihrer Erschöpfung zur Alaunfabrikation verwandt. Neuerdings wird sämmtliche Kupferrauchrohlauge auf g e m i s c h t e V i t r i o l e benutzt, die dabei erfolgende Mutterlauge noch mehrmals, nöthigenfalls unter Sättigung freier Säure durch kupferoxydhaltige Substanzen, auf solche

Vitriole versotten, die davon resultirende Mutterlauge von 1,18 bis 1,20 spec. Gew. durch Eisen entkupfert, dann auf kupferfreien grünen Vitriol (bis 1,38 spec. Gew.) versotten und die Mutterlauge davon zur Alaunbereitung benutzt. Nachdem dieselbe auf den erforderlichen Zusatz von Alaunfluß geprüft (S. 86), füllt man die 11 Fuß lange und 5 Fuß 5 Zoll breite bleierne Siedpfanne 15 Zoll hoch mit Lauge, so daß sie 477 Stübchen von letzterer enthält (1 Stübchen = 4 Quart = 270 Cubikzoll = 3,894 Liter).

Zu der erhitzten Lauge setzt man den Alaunfluß (das Mutterlaugensalz von Salinen, meist Chlorkalium enthaltend), läßt dessen Auflösung in einen mit Blei ausgeschlagenen Kasten ab, wo dann Halbalaun anschießt. Erhält derselbe nach 10 bis 12 Tagen grüne Spitzen, so schöpft man die Mutterlauge (Teufelslauge) in einen Ausschußkasten über und setzt sie, nachdem noch Vitriol auskrystallisirt, ab. Von dem Halbalaun löst man entweder 3 Pfd. in 1 Stübchen Halbalaun-Mutterlauge oder 4 Pfd. in 1 Stübchen Wasser auf und bringt die Lösung, nachdem sich noch basische Eisensalze ausgeschieden, während 14 Tagen zur Krystallisation. Die gewaschenen und getrockneten Krystalle geben Handelsalaun, der aber durch nochmaliges Umkrystallisiren an Güte gewinnt. Die Mutterlauge von Halbalaun siedet man zweimal bis 1,3 spec. Gew. ein, bringt zur Krystallisation, setzt die letzte eisenreiche Mutterlauge ab und übergiebt den Mutterlaugen-Halbalaun der ersten oder zweiten Raffination. Bei der Krystallisation hält man die hölzernen, mit Blei ausgeschlagenen, 60 Cubikfuß Lauge fassenden Anschußkästen 24 Stunden mit hölzernen Deckeln bedeckt, durch deren Löcher Rohrstäbe in die Flüssigkeit eingehängt werden. Von der weiteren Behandlung von Jöckeln, Um- und Bodengut war S. 89 die Rede.

Nach B. Illing (a) und J. v. Graba (b) haben Halbalaun (a) und raffinirter Alaun (b) nach der älteren Methode dargestellt folgende Zusammensetzung:

	a.	b.
Thonerde	10,98	10,31
Eisenoxyd	0,50	0,39
Kupferoxyd	Spr.	—
Kali	8,10	9,63
Schwefelsäure	35,92	33,83
Wasser	45,12	45,47

Jährliche Production etwa 150 bis 160 Ctnr., im Jahre 1861 z. B. 157 Ctnr. — 100 Scherben Kupferrauch liefern 3 bis 3,6 Ctnr. Alaun.

d) Alaunwerk zu Valmünster im Moseldepartement. Man läßt reichen Alaunschiefer an der Luft verwittern, wendet ihn dabei von Zeit zu Zeit um und bewahrt ihn nach der Reife unter Dach auf. Das Erz wird in großen Bottichen von 27 Cubikmeter Inhalt 5 bis 6 mal gelaugt, wobei ein Bottich 20 Cubikmeter Wasser braucht und nach einander Laugen von verschiedener Grädigkeit erhalten werden. Die Bottiche sind gemauerte Cisternen, mit Thon umgeben und auf der Sohle mit in Zwischenräumen gelegten Hölzern versehen, auf welche Faschinen und Stroh und dann ein Losboden kommt. Mittelst Spundlöchern unter demselben kann man die Lauge in verschiedene Reservoirs ablassen. Zu den einzelnen Auslaugungen werden nach einander Laugen von 20, 15, 10 und 5° B., zuletzt reines Wasser genommen.

Die 24- bis 25grädige Reichlauge bringt man in bleiernen Pfannen auf 30°, läßt sie in einem Bottich von basischem Alaun sich klären, dann in Krystallisationsgefäßen Eisenvitriol auskrystallisiren. Die dabei erfolgende, auf 38° concentrirte Mutterlauge wird mit Kalisalz versetzt und in Bottichen davon Rohalaun erhalten.

Zur Raffination wird der Rohalaun in einen dicken bleiernen Trichter mit 6 bis 7 M.-M. weiten Löchern, von denen 50 bis 60 auf ein Quadratdecimeter kommen, gethan. Der Trichter befindet sich oberhalb eines mit Blei ausgefütterten Holzbottichs, in dessen oberen Theil eine kupferne Röhre von 5 Centim. Durchmesser Dampf von einem 3 Meter langen und 66 Centim. weiten Dampfkessel herbeiführt. Beim Durchströmen des Trichters erzeugt der Dampf eine ganz gesättigte Alaunlösung, welche, während man den Trichter stets voll erhält, durch hölzerne Spunde oder Bleizinuhähne in 1 Meter hohe und 50 Centim. weite Fässer abfließt und bei 48° B. in Masse krystallisirt. In einer Stunde kann man in diesem von Grouvelle und Jaunez eingerichteten Apparate 1800 Kilogr. auflösen und 1400 Kilogr. solcher gesättigten Lösung geben 1165 Kilogr. krystallisirten Alaun.

Man erhält von 4800 Cubikmeter à 1800 Kilogr. Alaunschiefer mit 50000 Kilogr. schwefelsaurem Kali und 6 bis 700000 Kilogr. Steinkohlen an 200000 Kilogr. Alaun und eben so viel Eisenvitriol, bringt also an 23 Proc. Alaun und 23 Proc. Eisenvitriol aus. In der Nähe von Lüttich erfolgen aus rohen Alaunschiefern nur 2 und aus verwitterten nur 3 Proc. Alaun.

7) Beispiele für die Darstellung des Alauns aus gerösteten oder gebrannten Alaunerzen oder Schwefelkies enthaltenden Schiefern.

a) Alaunwerke zu Hurlet und Campsie bei Glasgow. Der hier benutzte vortreffliche Alaunschiefer findet sich 280 Fuß unter der Erdoberfläche und wird neben noch anderen nutzbaren Fossilien (Eisenstein, Kalkstein, Thon, Schwefelkies und Steinkohle) auf der Heigh Pit-Grube durch Bergbau gewonnen. Der vorhandene Schacht durchsinkt zunächst ein mächtiges Thonlager, dann in Wechsellagerung befindlichen Thonschiefer, Kalk- und Eisenstein, dann ein Lager von Kohlenkalk; hierauf die $1\frac{1}{2}$ Fuß mächtige Schicht von Alaunschiefer mit Nestern von Schwefelkies und zuletzt ein $5\frac{1}{2}$ Fuß mächtiges Steinkohlenflötz.

Die im frisch geförderten Zustande harten, dunkel gefärbten Schiefer (Analysen S. 62) werden beim Liegen an der Luft heller und verwittern im Laufe von mehreren Jahren der Art, daß man sie früher nur verwittern ließ und dann auslaugte, während man dieselben zur Beschleunigung des Processes jetzt einem Brennen unterwirft.

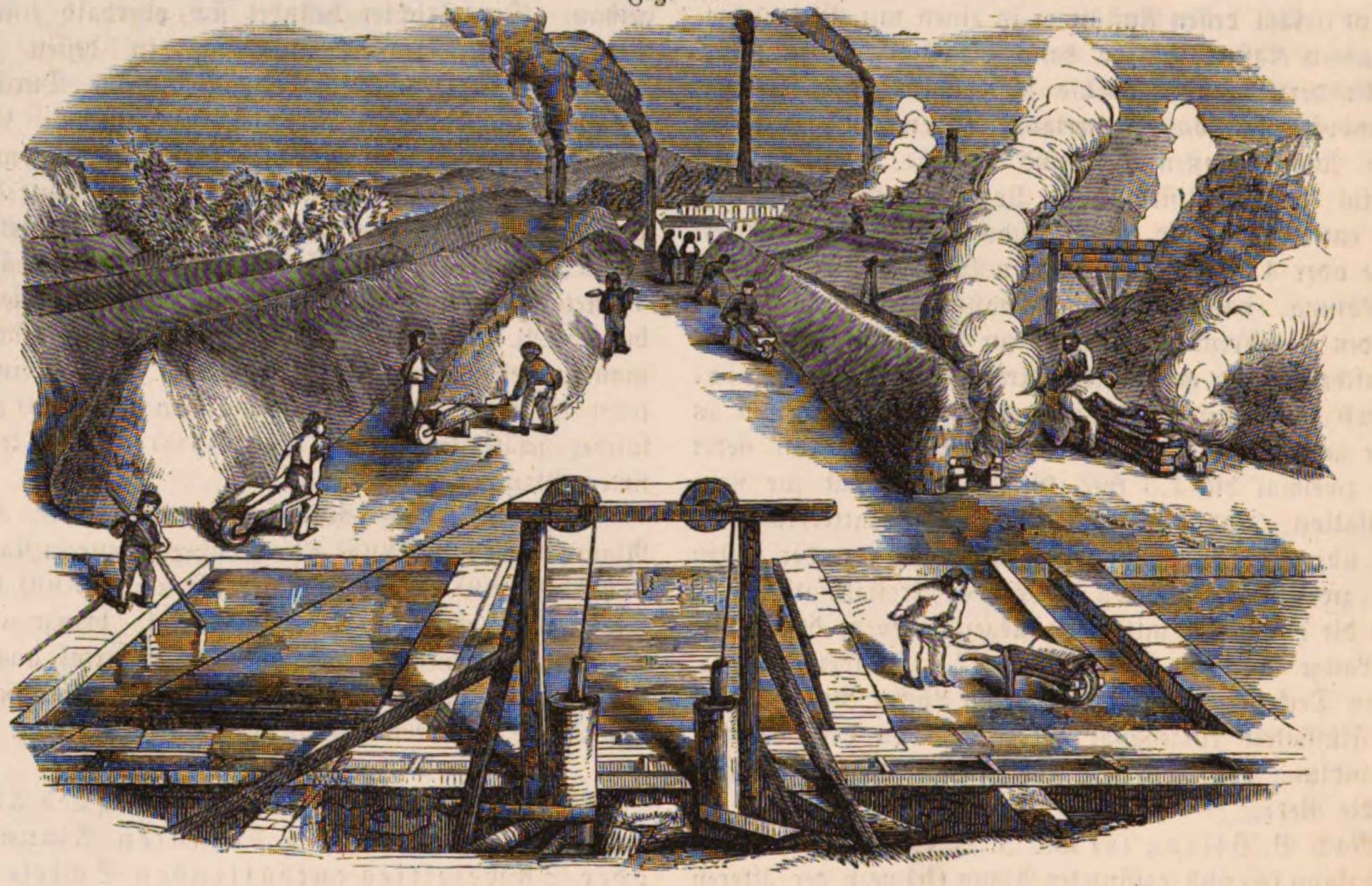
Zu diesem Zwecke werden die gehörig gattirten Schiefer zu Haufen von 15 Fuß Höhe, 120 bis 180 Fuß Länge und bis 20 Fuß Breite aufgestürzt.

Die in der Größe variirenden Röstanhaufen enthalten gewöhnlich an 26000 Tonnen Erz und haben nach ihrer

Längsrichtung einen Luftcanal auf der Sohle (Fig. 14). Die Schiefer erhitzen sich, fangen bald an zu brennen, wo man dann ein langsames Glimmen derselben unterhalten muß. Wo sich höhere Temperatur zeigt, bedeckt man die betreffende Stelle mit einer Lage ausgelaugten Gutes. Nach beendigtem Brande läßt man die Haufen noch einige Zeit in Ruhe, so daß die ganze Vorbereitungszeit 12 bis 18, durchschnittlich 16 Monate dauert.

Nach einer anderen Methode werden zunächst an den für die Haufen bestimmten Stellen Kohlenfeuer in Gang gebracht, die man auf irgend eine Weise mit Ziegeln bedeckt, so daß aber an der Seite Oeffnungen bleiben, durch welche der Zutritt der Luft gestattet ist. Alsdann werden zuerst grobe Stücke Schiefer auf das Feuer geworfen und hiermit fortgefahren, nachdem diese entzündet sind, bis der Haufen eine solche Höhe hat, daß sich das Ganze desselben in einem Zustande des gelinden Glühens befindet. Der Zeitpunkt aber, wo der Haufen nicht mehr vergrößert werden darf, läßt sich, wie so manche andere Punkte technischer Manipulation, nur aus der Erfahrung erlernen. Ist derselbe eingetreten, so wird der Haufen, wie es die Hüttenleute nennen, **bemantelt**, d. h. mit

Fig. 14.



einer Lage von ausgelaugtem Erze umgeben, um ihn theils vor starken Winden und Regen zu schützen, theils die Hitze dadurch zu mildern und so allmälig abzukühlen, theils aber auch die Verflüchtigung des vorhandenen Schwefels zu verhüten. Je nachdem das Wetter günstig oder ungünstig ist, gebraucht der Haufen zur vollständigen Röstung im Allgemeinen eine Zeit von 3 bis 12 Monaten, denn bei schlechtem, rauhem Wetter schreitet der Röstungsproceß nur langsam vorwärts, aber in der zuletzt angegebenen Zeit ist sowohl die Röstung, als auch die Abkühlung des Erzes beendigt, welche letztere entweder dadurch bewirkt wird, daß man den Haufen sich selbst überläßt oder daß man die Röstung durch einen dickeren Mantel oder durch Umlagerung von Ziegeln unterbricht.

Das geröstete Erz, wie es zu Hurlet zum Auslaugen kommt, ergab nach Wilson durchschnittlich:

	Unlösliches.	Lösliches.
Kieselsäure	36,79	—
Thonerde	14,34	2,08
Eisenoxyd	21,53	1,68
Kalkerde	2,91	1,19
Magnesia	Spr.	—
Schwefelsäure	—	8,87
Wasser	—	10,94
	75,57	24,76

Das **Auslaugen** der Erze geschieht in auf demselben Niveau liegenden steinernen Cisternen (Fig. 14), auf deren thonbestampftem Boden in Zwischenräumen Balken und darauf ein hölzerner Losboden mit offengelassenen Fugen liegt. Letzterer nimmt eine 18 Zoll hohe Erzlage auf, welche 3 bis 4 mal mit Mutterlauge von der Alaunkrystallisation oder sonstigen schwachen Rohlaugen, dann mit reinem Wasser, im Ganzen 4 bis 8 mal ausgelaugt wird, bis die ablaufenden Laugen ein geringeres specifisches Gewicht als 1,090 zeigen. Die Gutlauge von 1,1 spec. Gew. wird in ein Klärgefäß abgezogen und der ausgelaugte Rückstand entweder abgesetzt oder zur Verhütung einer zu hohen Temperatur in den Halden mit frischem Schiefer gemengt.

Nach **Wilson** enthielt solcher Rückstand von Hurlet:

	Unlösliches.	Lösliches.
Kieselsäure	40,39	—
Thonerde	17,25	0,92
Eisenoxyd	30,66	
Kalkerde	2,22	1,00
Schwefelsäure	—	1,92
Wasser	—	6,36
	90,52	10,20

Die Zusammensetzung der Flüssigkeiten, welche bei den vier ersten Auszügen eines gerösteten Erzes mit Mutter-

laugen von der Alaunkrystallisation erfolgten, war, in Grains ausgedrückt, in 1 Gallone (dem Raume für 70000 Grains = 4,543 Liter) Flüssigkeit nach Wilson folgende:

	1.	2.	3.	4.
Schwefelsäure	933,05	595,05	456,90	415,35
Eisenoxyd	346,75	118,68	112,42	53,31
Thonerde	194,59	149,99	59,42	91,50
Eisenoxydul	73,18	126,92	85,11	138,45
Chlor	27,44	42,85	38,54	36,60
Magnesia	14,13	14,83	16,06	21,48
Kali	75,67	60,98	28,90	27,05
	1664,81	1109,30	797,35	783,74
Spec. Gew.	1,188	1,129	1,100	1,090

Der Gehalt an Chlor und Kali stammen aus der zum Auslaugen verwandten Mutterlauge von der Alaunkrystallisation her.

Das Versieden der Reichlaugen geschieht in gemauerten Pfannen (S. 94), welche 8 Tage lang unaufhörlich geheizt und fortwährend mit Lauge nachgefüllt werden. Hat die Lauge die erforderliche Concentration von 1,325 bis 1,350 spec. Gew. erreicht, so läßt man sie 12 Stunden zur Klärung stehen. Wilson fand in einer dabei abgesetzten bräunlichen Substanz:

Schwefelsäure	50
Thonerde	25
Eisenoxyd	3 bis 4

Hierauf zieht man die geklärte Lauge in thonumstampfte Sandsteincisternen über und fügt den erforderlichen Alaunfluß gelöst oder im festen Zustande hinzu, und zwar in zwei Fabriken Chlorkalium und in einer schwefelsaures Ammoniak.

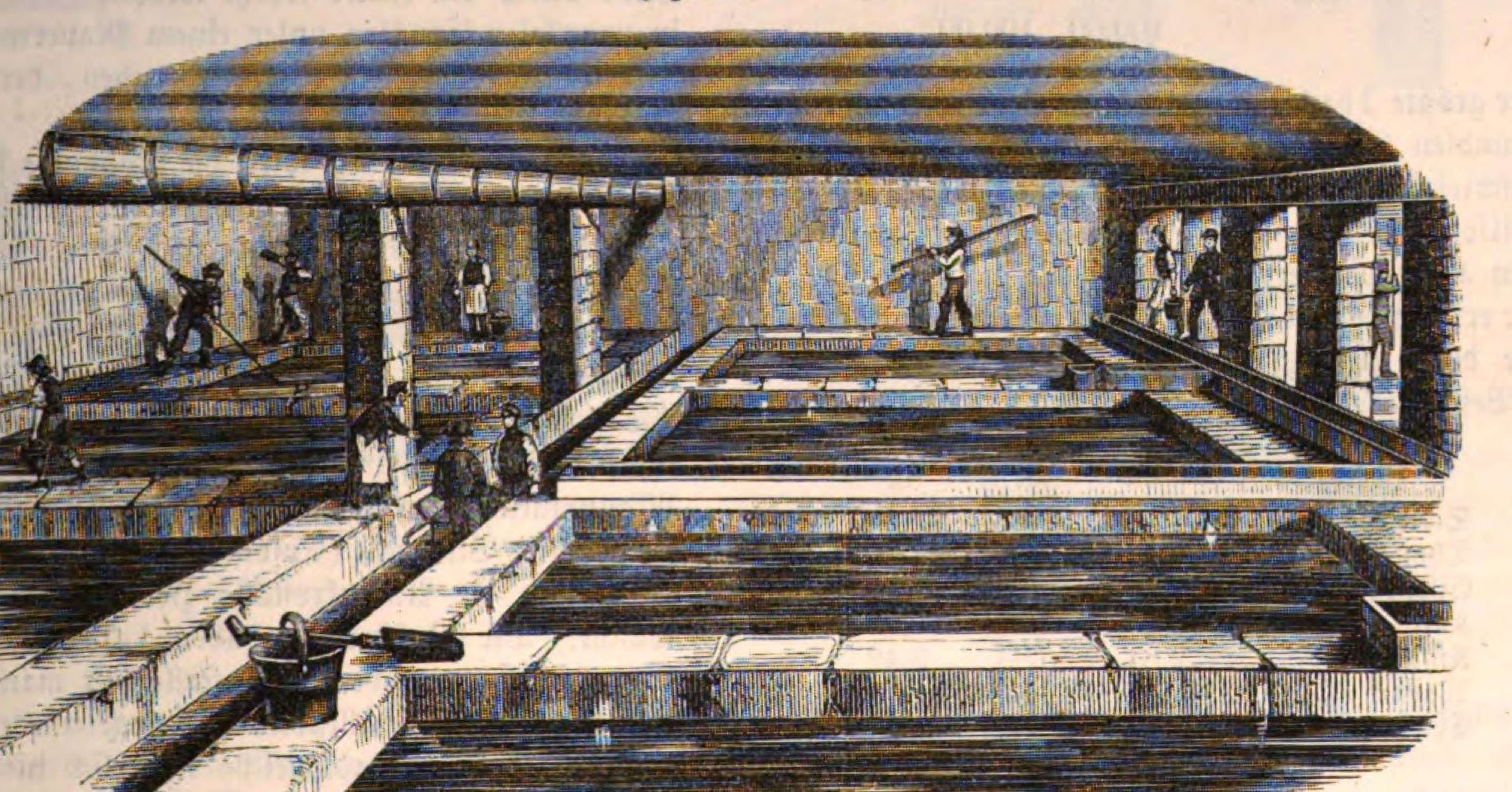
Das erforderliche Verhältniß des Alaunflußzusatzes wird dadurch ermittelt (S. 85), daß man einmal eine bestimmte Menge Lauge mit Chlorkalium concentrirt, die Lösung 24 Stunden erkalten läßt, den angeschossenen Alaun abwäscht, trocknet und wägt; dann auch in ähnlicher Weise den Alaunfluß mit einer Normallösung von schwefelsaurer Thonerde auf seine alaungebende Kraft prüft. Daraus läßt sich berechnen, welche Menge Alaunfluß auf eine Gallone Lauge zu nehmen ist. Der Alaunfluß wird entweder zuerst in die Cisterne gethan und die heiße Lauge aus der Siedpfanne in Rinnen hinzugelassen oder ersterer wird während des Laugenzuflusses nach und nach hinzugesetzt.

Hat sich in den Cisternen nach 4 bis 5 Tagen Alaun in einigen Zoll dicken Krystallen auf Sohle und Wänden ausgeschieden (ein Mehlmachen findet nicht Statt), so läßt man die erste Mutterlauge ab, bringt den ersten Alaun auf eine erhöhte Waschbühne mit geneigtem Boden, wo noch ein Theil der Mutterlauge ausfließt, und wäscht ihn alsdann in Körben in Kästen aus, welche die zweite Mutterlauge oder solche Flüssigkeiten enthalten, welche zum Waschen für ein späteres Stadium des Processes benutzt sind.

Nachdem der Alaun auf einer Bühne von eingeschlossenem Waschwasser großentheils befreit worden, wird er zum zweiten Male aufgelöst.

Hierzu dient eine mit Holz bedeckte Cisterne, welche theilweise mit dem Waschwasser vom zweiten Alaun gefüllt, dieses durch eingeleiteten Dampf nahe zum Sieden gebracht und dann der getrocknete erste Alaun unter beständigem Umrühren hinzugethan wird, bis die Lösung 60° Twaddle = 1,300 spec. Gew. zeigt. Ist die Temperatur durch den Dampf so viel als möglich erhöht, so

Fig. 15.



stellt man ihn ab, läßt sich die Lösung bei bedeckter Cisterne 24 Stunden klären und führt sie dann in Krystallisirfässer zur Bildung von zweitem Alaun während 4 bis 5 Tagen über. Dieser bildet am Boden und an den Wänden eine 8 bis 9 Zoll dicke, innen krystallisirte Kruste, und kleine schalenförmige, auf der Oberfläche der Flüssigkeit gebildete Büschel von Alaun fallen nach und nach zu Boden.

Die zweite Mutterlauge von 26° = 1,130 spec. Gew. wird abgegossen und zum Waschen des ersten Alauns benutzt, während man die angeschossenen Krystalle mit reinem Wasser übergießt, dieses abtropfen

läßt und dann den Alaun zum dritten Male umkrystallisirt, wobei er die im Handel gewünschte Gestalt und Reinheit erhält.

Zu diesem Zwecke leitet man zu dem in einer großen bedeckten Cisterne aufgeschaufelten Alaun Dampf, dessen Hitze man so hoch als möglich, gewöhnlich bis 105° C., steigert, schließt diesen nach stattgehabter Lösung ab, bedeckt die Cisterne dicht, läßt 4 bis 5 Stunden oder bis die Temperatur auf 90° C. gefallen, ruhig stehen und schafft sie dann in aus starken bleigefütterten Dauben zusammengefügte und mit eisernen Reifen umgebene Krystallisirfässer (S. 89) von 7 Fuß Höhe, 4 bis 5 Fuß unterem und 3 bis 4 Fuß oberem Durchmesser.

In den bedeckten Fässern krystallisirt der gute Alaun innerhalb 4 bis 5 Tagen aus, worauf man die eisernen Reifen löst, die Faßdauben auseinandernimmt und den hohlen Alaunconus noch 14 Tage ohne Umgebung stehen läßt, wonach die Krystallisation beendigt ist. Die zum Auflösen der früheren Alaunsorten verwandte Mutterlauge wird entweder mittelst eines Hebers oder durch Einschlagen eines Loches unten in den Conus entfernt und wohl Umgut von Bodengut getrennt (S. 89). Auf letzterem befindet sich stets eine beträchtliche Menge weißer Schlamm (S. 91) mit oktaedrischen Alaunkrystallen, welcher, gut abgewaschen, folgende Zusammensetzung hat:

		Unlösliches.
Schwefelsäure	39,40	—
Thonerde	31,80	21,83
Eisenoxyd	—	Spr.
Kali	10,03	—
Kalkerde	—	3,49
Kieselsäure	—	93,79
Unlösliches	2,07	—
Verlust	—	0,89
Feuchtigkeit	16,70	—
	100,00	100,00

Der größte Theil des schottischen Alauns kommt unter Kollermühlen (Fig. 13) gemahlen in den Handel. 3 Th. Alaunschiefer geben 1 Th. verkäuflichen Alaun.

Wilson fand in nach einer Woche abgeschiedenen braunen Krystallen ersten Alauns (a), in Krystallen (b) aus der ersten Mutterlauge und in verkäuflichem Alaun (c), welcher durch Umkrystallisiren von (b) erfolgt, nachfolgende Bestandtheile:

	a.	b.	c.
Schwefelsäure	34,33	36,08	35,57
Thonerde	6,44	9,60	11,40
Eisenoxyd	4,52	0,88	Spr.
Kali	2,33	0,73	0,83
Ammoniak	2,81	3,83	3,42
Wasser	49,31	48,88	48,78
Chlor	0,36	Spr.	—

b) Alaunwerk zu Whitby in Yorkshire. Die Oolith- oder Alaunschiefer (Analysen S. 61) werden zu 80 bis 100 Fuß hohen Haufen mit Zugcanal an der Sohle aufgestürzt. Da in Folge ihres bedeutenden Kohlengehaltes die Temperatur sehr hoch steigt, so müssen zur Vermeidung von Verlusten entweder die Schiefer mit schon gerösteten und ausgelaugten Erzen vermengt und die Zuglöcher, wenn der Haufen eine gewisse Höhe hat, verstopft werden oder derselbe ist, wie in Hurlet, mit einem Mantel zu umgeben. Die Methode an letzterem Orte gestattet eine bessere Regulirung der Temperatur, als die Whitbyer.

Da die Auslaugekästen terrassenförmig unter einander stehen, so fließt die Lauge von der Reihe von Kästen in eine große Cisterne, um von dort wieder auf die oberen Theile des Systems, die mit frischem Material gefüllt sind, gepumpt zu werden, damit die Lauge die richtige Stärke erhalte, um mit Vortheil benutzt werden zu können. Die oberen Kästen werden dann so weit mit reinem Wasser gefüllt, daß dieses 2 bis 3 Zoll hoch über dem gerösteten Erze steht. Die Lauge wird nach 6 oder 12 Stunden, je nach der Leichtigkeit, mit welcher sich die schwefelsauren Salze ausziehen lassen, in den nächsten Kasten gebracht, und bleibt dort eine ebenso lange Zeit, ehe sie in das Klärgefäß fließt, von wo sie in die Abdampfpfanne geleitet wird.

Das frische Erz nimmt so viel Wasser auf, daß man nur die Hälfte davon wieder abziehen kann; man wendet daher zur zweiten Waschung nur die Hälfte des zuerst verbrauchten Wassers an, welches wie das erste in einen zweiten Kasten fließt, worauf das Erz endlich zum dritten Male gewaschen wird, um alles Lösliche zu entfernen. Das dritte Waschwasser wird statt reinen Wassers angewendet, da es zum Verdampfen zu schwach ist, und so den ersteren stärkeren Laugen die gewünschte Stärke, welche 1,112 bis 1,125 spec. Gew. entspricht, verleihen soll.

Wegen ihres Gehaltes an Bittersalz kann die Lauge nicht in gemauerten Pfannen ausgekocht werden (S. 80), sondern dies geschieht in 10 Fuß langen, 4 Fuß 4 Zoll breiten, an dem einen Ende 2 Fuß 2 Zoll, am anderen 2 Fuß 8 Zoll tiefen Bleipfannen, welche an dem einen Ende durch ein Feuer erhitzt werden, dessen Rauchfang in parallelen Canälen unter einem Mauerwerk von Backsteinen, auf dem die Pfannen ruhen, der Länge nach hinläuft.

In diesen Pfannen wird die Rohlauge bis zu 1,125 bis 1,137 spec. Gew. ausgekocht, geklärt, und die geklärte Lauge bis zu 1,250 spec. Gew. verdampft, bei welcher Concentration man sie zur Prüfung des Werthes der Kalisalze anwendet. Die Alaunpfannen werden mit der geklärten Lauge gefüllt, diese bis 1,312 bis 1,375 verdampft, mit einer Lösung des Kalisalzes vermischt und zur Krystallisation gebracht. Die erfolgende Alaunmutterlauge liefert, bis zum Krystallisationspunkt verdampft, Bittersalz (Epsomsalz) und Eisenvitriol, während man die Alaunkrystalle zweimal mit Wasser abwäscht. Die Waschwasser haben 1,030 und 1,054 spec. Gew. Die gewaschenen Krystalle löst man in siedendem Wasser, läßt krystallisiren auf sogenannten Rochalaun und erhält Faßlauge, welche natürlich nie so rein, als eine Lösung von Alaun in Wasser ist.

60 Tonnen Oolithschiefer liefern 1 Tonne Alaun und 1 Tonne Bittersalz.

c) Alaunwerke bei Bonn. Das vom Bergmeister Bleibtreu zuerst 1806 in dieser Gegend benutzte Alaunerz kommt in einem 12 bis 14 Fuß mächtigen Braunkohlenflötz vor, welches mehrere ziemlich scharf gesonderte Lagen, sowie auch die Beschaffenheit der Kohle sehr

verschiedene Schichten zeigt. Das Liegende des Flötzes besteht aus weißem Thon, dann folgen folgende Schichten: 1 bis 2 Fuß mächtig eine sehr thonige Kohle, 4 Fuß mächtig eine das Alaunerz liefernde thonige und sehr schwefelkiesreiche Kohle mit 30 Proc. Asche, an der Luft zu Kleinkohle zerfallend, dann eine 3 bis 3 1/2 Fuß starke Lage bituminöses Holz, welches auf dem Alaunwerke als Brennmaterial dient, darauf eine 3 Fuß starke Ablagerung erdiger Braunkohle und zu oberst 1 bis 1 1/2 Fuß mächtig eine Lage thoniger Kohle. Das untersuchte Grubenfeld von Brunnentwiel und Alaunerz hat eine solche Größe, daß dasselbe für mehrere hundert Jahre einen ausgedehnten Betrieb zuläßt.

Das Erz wird zu großen Haufen aufgestürzt, angezündet und unter öfterem Abräumen der veraschten Decke so lange (etwa 1 Jahr) brennen gelassen, bis der ganze Haufen verascht ist. Die Asche wird in hölzernen Kästen mit doppeltem Boden ausgelaugt und die Lauge von 25° B. in gußeisernen Kesseln (S. 78) von 8 Fuß Durchmesser, 4 Fuß Tiefe und 1 Zoll Wandstärke bis auf 35° B. eingedampft. Die Feuerung geschieht auf einer Rostfläche von 16 Quadratfuß und der Zug circulirt einmal um die Seitenwand des Kessels, bevor er in den Schornstein mündet.

Zu einer Siedung — worunter man die Gewinnung eines Kessels voll (100 Cubikfuß) Gaarlauge von 35° B. oder die Concentration von 100 Cubikfuß Rohlauge von 25° B., nebst einer Nachfüllung von etwa 75 Cubikfuß Rohlauge versteht, welche zur Ergänzung des verdampften Wassers bis zum Eintritt der Gaare von 35° erforderlich sind — braucht man 21 Tonnen Stückkohlen.

Die mit der Anwendung eiserner Kessel verbundenen Uebelstände (S. 78) haben zur Erbauung einer gemauerten Pfanne mit Braunkohlengasfeuerung (Fig. 16 u. 17) Veranlassung gegeben, wobei man gegen die sonst übliche Feuerung an Brennmaterialkosten 80 Proc. sparte, indem zur Gewinnung von 500 Cubikfuß Gaarlauge 100 Tonnen Stückkohlen, à 4 Sgr., durch 66 Tonnen Kleinkohlen à 1 1/4 Sgr. ersetzt wurden.

In den nachstehenden Figuren bezeichnet *a* den Gasgenerator, auf dessen Rost *b* die Braunkohlen durch den mit einem Schieber *c* versehenen Fülltrichter *d* gelangen. Die Braunkohlengase treten über die Feuerbrücke *e* und kommen über derselben mit Luft zusammen, welche bei *f* eintretend, sich in dem durch Eisenplatten *g* gebildeten Raume erhitzt und bei *h* ausziehend, die Braunkohlengase verbrennt. Zwischen gemauerten Zungen *k* über *e*

Fig. 16.

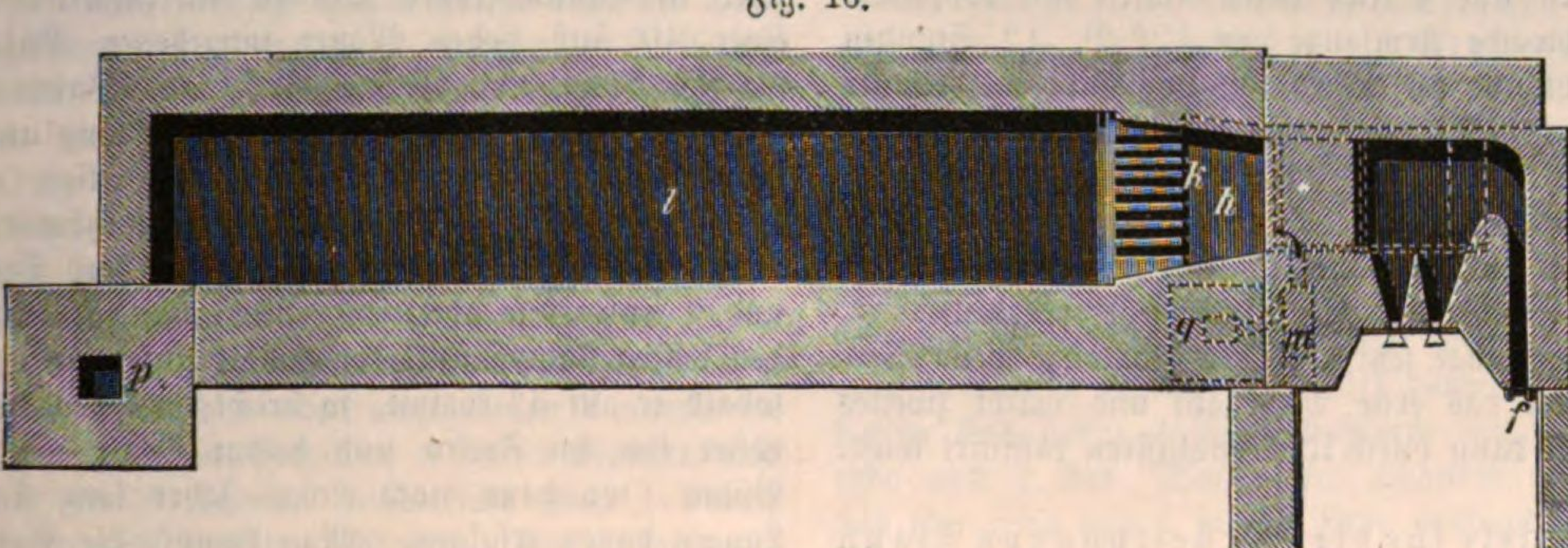
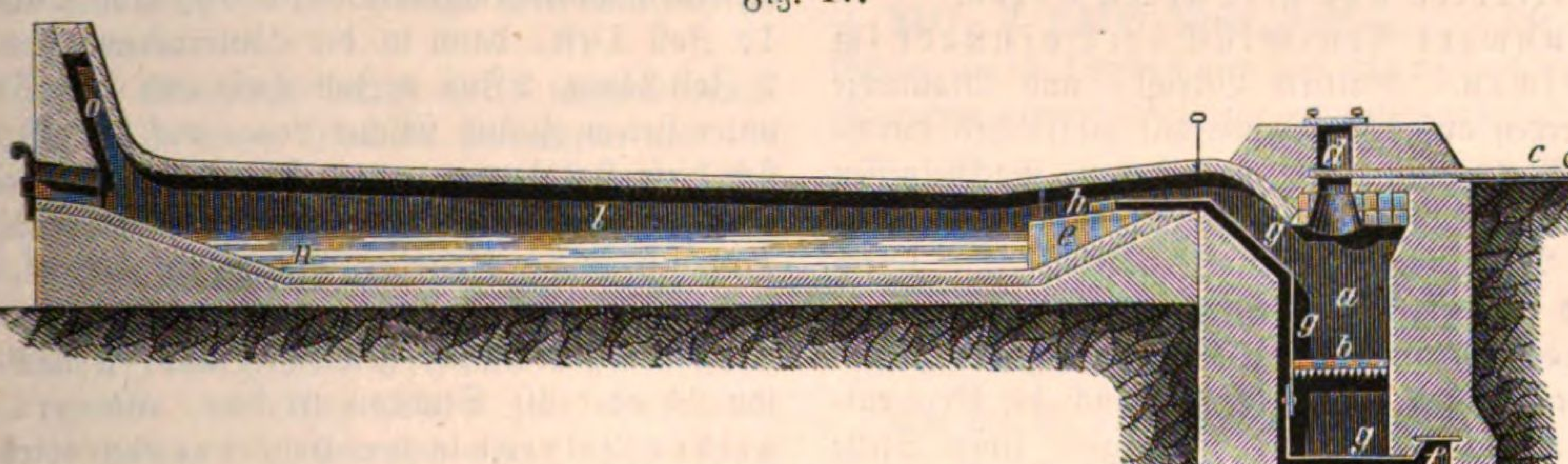


Fig. 17.



hindurch verbreitet sich die Flamme gleichmäßig über die gemauerte Pfanne *l*. Behuf Entzündung der Gase bei feuchten Braunkohlen zu Anfang des Heizens ist ein kleiner Nebenrost *m* vorhanden. Die Pfanne hat nach hinten etwas Neigung, so daß bei *n* die concentrirte Lauge durch ein Rohr seitwärts abgelassen werden kann. Während der Verdampfung treten die Feuergase und Wasserdämpfe durch den Fuchs *o* in eine gut ziehende Esse *p*, beim Ablassen der Lauge läßt man das Gas bei geöffnetem Schieber in die Nebenesse *q* entweichen.

Als Grundbedingungen für die Gasfeuerung mit gewöhnlichem Luftzuge ergeben sich: trocknes Brennmaterial, ein hinlänglich langer, gegen jede Wärmeentziehung gesicherter und viel glühende Oberfläche darbietender besonderer Verbrennungsraum für die Gase, erwärmte Verbrennungsluft und solche Construction des Gasofens, daß sowohl das Niederstoßen der Schlacken, als auch die Reinigung des Ofens leicht und rasch geschehen kann.

Die Gaarlauge kommt mit Kalisalzen in hölzerne,

thonumstampfte Kessel zur Absetzung von Rohalaun, welcher zerschlagen, in oblongen Kästen gewaschen, in möglichst wenig Wasser wieder aufgelöst und in zerlegbaren Krystallisirgefäßen 8 Tage lang stehen gelassen wird, wo sich der Alaun 5 bis 8 Zoll dick an Wänden und Boden ansetzt. Nachdem die Mutterlauge abgelassen, nimmt man die Faßdauben auseinander, schlägt um den bis 8 Ctnr. schweren Alaunconus 3 durch Keile zu befestigende Holzreife und bringt ihn nach vorher abgesägtem Boden ohne Fastage zur Are. Auch wird wohl der Kegel zu Streifen zersägt und zwischen Stroh gepackt in den Handel gegeben.

Der Verdienste des Herrn **Bleibtreu**, welcher in der Nähe von Bonn drei große Alaunhütten (die Haardter) eingerichtet hat, um die Alaunfabrikation in Deutschland ist bereits früher (S. 46) Erwähnung geschehen.

d) **Alaunbereitung zu Altsattel.** Schwefelkies enthaltender Letten aus der Braunkohlenformation wird mit Braunkohlenlösch gemengt, zu 80 bis 100 Fuß langen, 15 Fuß breiten und 10 Fuß hohen, spitz auslaufenden pyramidalen Haufen aufgestürzt und diese mit ausgelaugtem Röstgut bedeckt. Hat sich der Haufen nach einigen Wochen von selbst entzündet, so brennt er etwa 3 Jahre fort, worauf man die Asche in 18 Fuß langen, 9 Fuß breiten und 4 Fuß tiefen Kästen mit doppeltem Boden in schwache Armlauge von 12° B. 12 Stunden lang einweicht und die Rückstände nochmals mit Wasser auf Armlauge behandelt. Die dabei erfolgende Reichlauge von 20° B. wird in gemauerten Pfannen bis 38° B. eingedampft, in bleiernen Kästen abgekühlt und geklärt und in hölzernen Präcipitationskästen unter Zusatz von Potaschenlösung auf Alaunmehl verarbeitet.

Die Mutterlauge setzt man der Rohlauge beim Versieden zu, löst das erste Mehl auf und macht zweites Mehl, welches dann durch Umkrystallisiren raffinirt wird.

8) **Beispiele für die Darstellung von Alaun aus verwitterten und gerösteten Erzen.**

a) **Alaunwerk Neu-Glück bei Bornstädt im Mansfeldschen.** Gattirte Vitriol- und Alaunerze (S. 64) werden auf Thonbühnen mit zahlreichen durchbrochenen Backsteincanälen, auf denen Backsteinessen stehen, 5 bis 6 Fuß hoch aufgestürzt, und bleiben hier je nach der Witterung 4 bis 6 Monate liegen. Durch Oeffnen und Schließen der Seitenlutten und Essen sucht man eine möglichst gleichmäßige Erwärmung der ganzen Bühne herbeizuführen, ohne aber, daß sich die Erze entzünden. Entströmen den Essen an irgend einer Stelle zu heiße Dämpfe, so sucht man die zu heißen Erzschichten nach ihrer Entblößung zu zerstreuen oder löscht sie nöthigenfalls mit Wasser ab.

Nach 6monatlichem Liegen bewässert man die Bühne regelmäßig, versiedet die erhaltenen Rohlaugen von etwa 16° B. zweimal auf Eisenvitriol und scheidet aus der Doppelmutterlauge durch Alaunfluß Alaunmehl ab.

5 Cubikfuß Mutterlauge geben etwa 1 Cubikfuß Alaunmehl.

Beim Auslaugen desselben Haufwerks im zweiten Jahre erhält man 12- bis 14grädige Laugen und, nachdem dieselben gradirt und zweimal auf Eisenvitriol versotten, Doppelmutterlauge, wovon 3 ½ Cubikfuß von 24° B. an 1 Cubikfuß Alaunmehl liefern. Die im dritten Jahre erhaltenen 8 bis 10° schweren Laugen werden gradirt, bis zu 40° eingedampft, der darin enthaltene Eisenvitriol, so weit er sich nicht zersetzt, wasserfrei niedergeschlagen und aus der Gaarlauge Alaunmehl gefällt, und zwar erfolgt von 2 ½ Cubikfuß Lauge 1 Cubikfuß Alaunmehl.

Erhält man, wie gewöhnlich am Ende des dritten Jahres, noch schwächere Laugen, so werden die Erze von den Bühnen in 5 Fuß hohe, 15 Fuß breite und eben so lange Haufen so aufgestürzt, daß sie den herrschenden Winden die Stirn zukehren. Man sucht das Feuer möglichst gleichmäßig zu leiten, indem man zu heiße Stellen mit ausgelaugtem Erze bedeckt oder, wo dies nichts hilft, die Erze zerstreut und in die aufgegrabene Stelle kaltes Erz bringt. Der an der Oberfläche der Haufen condensirte Schwefel wird nebst der Eisenvitriolkruste abgezogen und mit Erzen vermengt ins Innere des Haufens gebracht.

Selbst durch 4- bis 5jähriges Verwittern wird keine so vollständige Zersetzung erreicht, als durch das zuletzt folgende Rösten. Die weitere Behandlung des Röstgutes bietet nichts Besonderes dar.

b) **Goldene Adlerhütte zu Wirdberg in Baiern.** In Thonschiefer einbrechender Magnetkies wird in wallnußgroßen Stücken auf gedielten und mit einer 40 Fuß hohen Mauer umgebenen Bühnen von 90 Fuß Länge und 50 Fuß Breite an 4 Jahre der Verwitterung ausgesetzt und dann 2 Tage lang ausgelaugt, worauf man abermals die Atmosphärilien einwirken läßt. Ein Haufen steht 25 Jahre in nutzbarer Verwitterung. Die erste, in Bütten von 20 Fuß Durchmesser und 9 Fuß Tiefe ablaufende Rohlauge hält 10° B., in den letzten Jahren sinkt der Gehalt unter die Hälfte und sobald er auf 3° kommt, so bricht man den Haufen ab, röstet ihn im Freien und bringt ihn wieder auf die Bühne, wo dann noch einige Jahre lang siedwürdige Laugen davon erfolgen. Man dampft die Rohlauge in bleiernen Vorwärmpfannen von 3 ½ Fuß Quadrat und 18 Zoll Tiefe, dann in der Läuterpfanne von 13 Fuß 2 Zoll Länge, 2 Fuß 4 Zoll Tiefe und 3 ½ Fuß Breite unter stetem Zufluß frischer Lauge auf 20° B. ein, läßt sich diese Halblauge etwa 8 Stunden klären, concentrirt sie unter Zusatz von groben Eisenstücken während 24 Stunden in der bleiernen Pfanne auf 40° B. und läßt Eisenvitriol daraus auskrystallisiren, welcher nach 8 Tagen herausgenommen, gewaschen und, je nachdem man ihn 24 oder 30 Stunden trocknet, als **grüner** und **gelber Vitriol** in den Handel gegeben wird.

Die Mutterlauge wird so lange beim Versieden der Halblauge zugesetzt, bis sie sich fettig anfühlt, wo man sie dann wegen ihres Gehaltes an schwefelsaurer Thonerde zur Alaunbereitung abgiebt.

In ähnlicher Weise, wie Magnetkies, behandelt man Schwefelkies, nachdem derselbe zuvor im Schwefeltreibofen auf Schwefel benutzt. Die verwitternden Haufen sind aber kleiner und geben schon nach einem Jahre Lauge von 10° B. welche wie die obige Halblauge behandelt wird.

Zur Herstellung **gemischter Vitriole** mit 6, 8 und 10 Proc. Kupfer nimmt man beim Eindampfen der Halblauge statt Eisenstücken Kupferstücke.

Behuf der Alaunbereitung erhitzt man die betreffenden Mutterlaugen, fügt eine gesättigte Auflösung von schwefelsaurem oder salzsaurem Kali hinzu und bildet in Schüttelkästen Alaunmehl, welches noch durch zweimaliges Umkrystallisiren raffinirt wird. Die Rückstandslauge setzt man beim Vitriolsieden wieder zu.

8000 Kübel à $1\frac{1}{2}$ Cubikfuß (oder 1 Ctnr. zu 110 Pfd.) Magnetkies und 4000 Kübel Schwefelkies liefern jährlich 2500 Ctnr. grünen und gelben Vitriol, 2500 Ctnr. gemischte Vitriole, 80 Ctnr. Alaun, 250 Ctnr. rothe Farben und 50 Ctnr. Schwefel mit 7000 Ctnr. Zwickauer Steinkohlen.

B. Schwefelkies und Thon enthaltende Stein- und Braunkohlen. Das Kohlenklein wird in bis zu 60 Fuß langen Haufen von etwa 10 Fuß Breite und 6 bis 7 Fuß Höhe aufgestürzt, oberflächlich angezündet und ähnlich behandelt, wie die Alaunerde auf dem Bonner Alaunwerk (S. 104). Man läßt die Veraschung langsam von außen nach innen fortschreiten, befördert sie durch Abkratzen der veraschten Decke, moderirt die Hitze nöthigenfalls durch Aufbringen von schon ausgelaugtem Erz und besprengt die Haufen zuweilen mit Wasser.

Die etwa alle 14 Tage abgenommene veraschte Decke wird ausgelaugt und die Lauge in vorhinniger Weise auf Alaun benutzt, da bei diesem Brennen ähnliche Vorgänge stattfinden, wie beim Rösten der eigentlichen Alaunerze (S. 71).

Zu Tschermig in Böhmen hat man z. B. Braunkohlenaschen auf Alaun benutzt, desgleichen früher in Oberschlesien Staubkohlen, welche sich wegen Mangels an Absatz auf den Halden angehäuft haben würden.

Ein Haufen von den oben angegebenen Dimensionen erforderte zum völligen Veraschen 8 bis 12 Monate, und man erhielt von 7 Tonnen Kohlenklein etwa 1 Tonne Asche und daraus $\frac{1}{8}$ Ctnr. Alaun. Die ausgelaugte Asche diente zum Bedecken der Haufen oder man ließ sie nochmals verwittern.

Die erhaltene Rohlauge wurde theils in gußeisernen Kesseln, theils in bleiernen Pfannen concentrirt und mit Potasche oder Seifensiederfluß behandelt.

Die gesunkenen Alaunpreise haben aber diese Fabrikation des Alauns nicht in Aufnahme kommen lassen.

III. Darstellung des Alauns aus Materialien, welche die Elemente zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde nicht enthalten und auch einen Zusatz von Kalisalz erfordern.

Hierher gehören diejenigen Methoden, nach denen man thonhaltige Substanzen, z. B. Thon, Alaunschiefer, Kieselschiefer entweder direct mit Schwefelsäure oder schwefelsauren Dämpfen (Linz) behandelt oder die Thonerde führenden Körper (Feldspath, Kryolith) zuvor aufschließt.

Auch kann man thonhaltige Substanzen mit Schwefelkies mengen, rösten und auslaugen (Methoden von Gossage und Richardson).

Je billiger die Schwefelsäure, um so mehr wird man sich ihrer zur directen Darstellung von schwefelsaurer Thonerde aus thonhaltigen Substanzen statt des älteren umständlicheren Verfahrens zur Alaunbereitung bedienen. Diese Darstellung des Alauns aus Thon ist in Frankreich zuerst durch Chaptal und Alban mit Erfolg ausgeführt und hat in England und Deutschland an verschiedenen Orten (zu Zwickau bei Fikentscher, in Dresden bei Thaners und Comp., in Nürnberg bei Giaule, zu Ludwigshafen, zu Duisburg, zu Berlin bei Kuhnheim ꝛc.) Eingang gefunden.

Bei der alten Methode der Alaunbereitung müssen große Alaunerdelager vorhanden sein. Zur Vorbereitung der Erze gehören große Räumlichkeiten, man braucht mehr Brennmaterial und der Betrieb muß einen Theil des Winters unterbrochen werden, was bei Anwendung von Thon Alles wegfällt.

Wasserhaltige Thone werden von Schwefelsäure nur wenig angegriffen, weshalb man sie vorher scharf trocknet oder brennt. Die dabei hervortretende mehr oder weniger gelbe Färbung läßt auf den Eisengehalt schließen und vorhandenes Eisenoxyd wird durchs Glühen unlöslich. Die Temperatur darf die anfangende Rothglühhitze nicht übersteigen, weil sonst die Thonerde in ihre schwerlösliche Modification übergeht.

A. Zerlegung thonerdehaltiger Substanzen (Thon, Thonschiefer, Alaunschiefer ꝛc.) direct durch Schwefelsäure.

Eine sehr bedeutende Menge Alaun wird aus möglichst kalk- und eisenfreiem Thon (der im Wesentlichen der mit reinen Thonsorten ausgeführten Analyse zufolge aus einer basischen Verbindung der Kieselerde mit Thonerde besteht, welche zugleich Wasser chemisch und Kieselerde mechanisch gebunden enthält) dargestellt. Am häufigsten sind darin 1 Aeq. Kieselerde mit 1 Aeq. Thonerde und 2 Aeq. Wasser mit einander verbunden, so daß (die etwa von 1 bis 15 Proc. vorhandene mechanisch gebundene Kieselsäure abgerechnet) sich die Formel $Al_2O_3 + SiO_3 + 2HO$ dafür aufstellt. — Die Zusammensetzung eines Töpferthons von Bunzlau entspricht der folgenden procentischen Zusammensetzung:

Thonerde	27,0
Kieselerde	61,0
Eisenoxyd	1,0
Wasser	11,0
	100,0

Ein bei Plomnitz vorkommender von John analysirter bunter Thon enthält in 100 Theilen:

Thonerde	21
Kieselerde	42
Eisenoxyd	13
Kalk	2
Wasser	22
	100

Ein in der Alaunfabrik des Herrn Fikentscher zu Zwickau, im Königreich Sachsen, wovon später die Rede sein wird, verarbeiteter Thon, welcher zwei Stunden von da in der Haardt in mächtiger Ablagerung von Sand vorkommt und der älteren Aufschwemmung (Braunkohle) angehört, enthält in 100 Theilen:

Thonerde	27,0
Kieselerde	66,0
Eisenoxyd	3,0
Kali	2,0
Kalkerde } Magnesia }	0,8
Wasser	1,2
	100,0

Als fernere Analysen, wie z. B. eine von Pfeifenerde-Thon nach Brown und die einiger Thonsorten aus dem Nassauischen (Fresenius), mögen noch angeführt werden:

Bestandtheile	Nach Brown.	Nach Fresenius.	Nach Fresenius.
Thonerde	32,00	24,47	14,06
Kieselerde	53,66	64,80	77,03
Eisenoxyd oder Eisenoxydul	1,35	1,70	1,35
Kalk	0,40	1,08	0,35
Magnesia	—	0,87	0,47
Wasser	12,08	6,72	5,17
	99,49	99,64	98,43

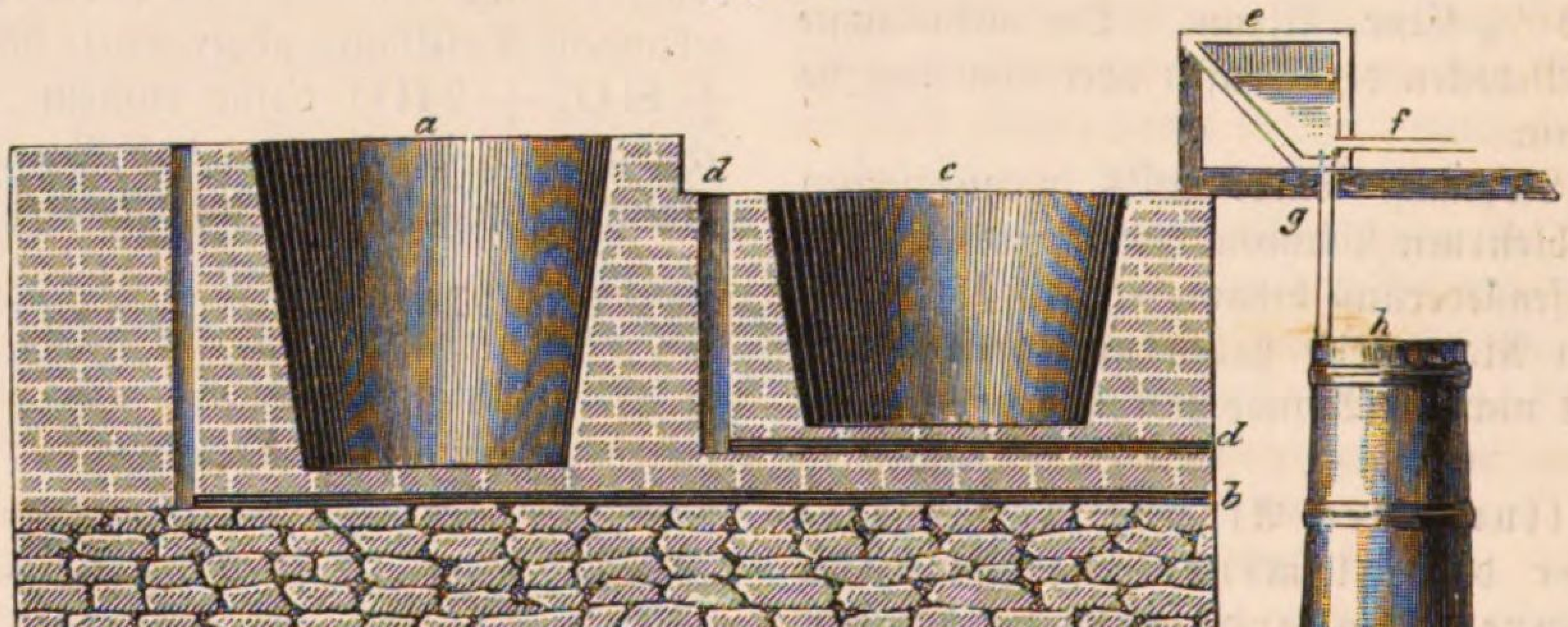
Als mechanisch beigemengte Kieselerde fand Fresenius für die erste Sorte 18,3 Proc. und für die zweite, die überhaupt wohl wenig für die Alaunfabrikation geeignet sein dürfte, 57 Proc.; für den eigentlichen Thon in der ersten Sorte aber stellte er die Formel $Al_2O_3 . 2SiO_3$ auf*).

1) Der zur Darstellung von Alaun gewählte Thon (am besten Pfeifenthon) wird zunächst mäßig geglüht, damit er mehr Porosität erlange und nun die auf ihn einwirkende Schwefelsäure besser eindringen und das darin möglicher Weise enthaltene Eisen völliger oxydiren kann, denn frischer Thon hat eine weit längere Zeit nöthig, als wenn er vor dem Zusatz der Säure geglüht und pulverisirt worden ist; jedoch ist jedenfalls ein zu starkes Glühen zu vermeiden. Nachdem derselbe gepulvert und gesiebt ist, wird er mit 45 Proc. seines Gewichts Schwefelsäure von etwa 48 bis 50° B. in einem Flammenofen, dessen Sohle aus gemauerten Pfannen besteht, angerührt und darin bis zu 70° erhitzt, welches mit Hülfe der vom Calcinirofen überflüssig weggehenden Wärme geschehen kann. Es tritt nun die Zersetzung ein, indem sich unter Bildung von schwefelsaurer Thonerde die Kieselsäure abscheidet, wodurch die Masse consistenter wird. Dieselbe wird alsdann aus dem Ofen entfernt und einige Zeit der Luft ausgesetzt, um noch die völlige Zersetzung des Thons durch Schwefelsäure zu erfahren, so daß sie nun ausgelaugt werden und die erzielte schwefelsaure Thonerde enthaltende Rohlauge, wie früher angegeben, mit schwefelsaurem Kali versetzt werden kann.

Einige Fabrikanten wenden große mit Blei ausgefütterte Pfannen oder Tröge an, um den zubereiteten Thon mit Schwefelsäure zu mischen, die von unten mittelst Röhren erhitzt werden, und zwar so lange, bis unter öfterem Umrühren die Schwefelsäure sich mit der Thonerde verbunden hat. Zweckmäßiger Weise benutzt man in neuerer Zeit zu dieser Operation eine flache cylinderförmige Pfanne und läßt die nöthige Menge Säure in mehreren kleinen Portionen aus einer oben angebrachten Cisterne fließen, während ein Rührer, welcher als Maschine arbeitet, die Mischung des Thons mit der Säure bewirkt.

Auf diese Weise wird wenigstens eine schnellere Verbindung bewirkt, als bei der vorhin erwähnten Methode. Hat nun die Säure ihre gehörige Wirkung gethan, so wird der Inhalt der Behälter in die ausgemauerte Vertiefung *a* (Fig. 18) gebracht, wo er mit kleinen Quantitäten Wassers nach und nach versetzt wird, um die schwefel-

Fig. 18.



saure Thonerde auszuziehen. Die sämmtliche Lauge wird in die Röhre *b* abgehebert, welche sie in Abdampfpfannen leitet, in denen sie bis zu der für die Fällung des Alkalisalzes geeigneten Stärke verdampft wird. Ist dieser Punkt erreicht, so wird die Lauge in die steinerne Cisterne *c* gepumpt, welche der von *a* ähnlich ist, und das Fällungsgefäß genannt wird, da in derselben der geeignete Zusatz von schwefelsaurem Kali erfolgt. Beim Rühren der Lösung fällt nun das Alaunpulver nieder, von welchem nach gehörigem Absetzen die Mutterlauge durch die Röhren *dd* mittelst eines Hebers abgeleitet wird, die dann, falls sie nicht sehr unrein ist, für eine weitere Fällung benutzt werden kann. Der gefällte Alaun aber wird in der Cisterne *c* mit kleinen Quantitäten Wasser gewaschen, indem die ganze Flüssigkeit

*) Weitere Analysen verschiedener Thonerden s. Art. Aluminium, kieselsaure Thonerde.

auf dieselbe Weise, wie die Mutterlauge, in mehreren Malen abgezogen wird.

Sobald das Pulver durch wiederholtes Waschen gereinigt worden ist, wird es in das trichterförmige Gefäß *e* ausgeschüttet, wo es durch Hineinleiten von Dampf mit Hülfe der Röhre *f* aufgelöst und in gelöster Form durch die Röhre *g* in das Krystallisationsgefäß *h* geleitet wird, um in Abdampfpfannen zweckmäßig mittelst in die Flüssigkeit hineingeleiteten Dampfes abgedampft zu werden.

2) In der oben erwähnten Fabrik des Herrn Fikentscher zu Zwickau wird der Thon von der Haardt für die Alaundarstellung zuvörderst schwach geglüht und pulverisirt und dann in kleinen Portionen in 50procentige Schwefelsäure eingetragen, welche zuvor in einer Bleipfanne bis nahe zum Sieden erhitzt worden war; jedoch geschieht das Eintragen von Thon erst dann, nachdem das Feuer unter der Bleipfanne entfernt worden ist. Bis nun der letzte Antheil Thon (100 Th. auf 150 Th. verdünnter Schwefelsäure) eingetragen ist, schäumt die Masse auf und beginnt alsbald darauf sich in der Weise zu verdicken, so daß sie rasch aus der Pfanne geschüttet werden muß, wenn sie nicht mittelst eines Hammers etwa herausgeschlagen werden soll.

Die Masse wird alsdann zum völligen Erstarren in eiserne Kästen mit beweglichen Wänden gebracht, in denen sie nach 10 bis 12 Stunden erst vollkommen trocken und so hart wie ein mäßig gebrannter Backstein wird. Nachdem sie dann in große Stücke zerschlagen worden, löst man sie in Bleikörben, welche in Bleibottichen hängen, die durch Dampfröhren erhitzt sind, mittelst der aus der nachfolgenden Auswaschung erhaltenen Lauge auf, welcher so lange frische schwefelsaure Thonerde zugesetzt wird, bis das spec. Gewicht der warmen Lösung 1,24 beträgt. Nach zwei Tagen erfolgt dann die Klärung, nach welcher man die unreine Lösung von schwefelsaurer Thonerde sofort mit der erforderlichen Menge schwefelsauren Kali's (welches in der genannten Fabrik bei der Bereitung der Weinsteinsäure gewonnen wird) kocht und die ganze Mischung der ruhigen Krystallisation in Bleipfannen überläßt. Der hierdurch erhaltene Rohalaun wird gehörig mit Wasser gewaschen, alsdann in einem sogenannten Dampfkasten gelöst, die erzielte Lösung durch ruhiges Stehenlassen geklärt und endlich während des Erkaltens in einer flachen Bleipfanne gerührt, wodurch man das Alaunpulver erhält, welches mit kaltem Wasser abgespült, sodann in einem Bottich durch Verdunstung von aller Mutterlauge befreit und somit ganz eisenfrei wird.

Dieses Alaunpulver wird im Königreich Sachsen ohne Umwandlung in Krystalle vielfach verbraucht, da die Pulverform den Färbern und Kattundruckern bei der Anwendung eine beträchtliche Erleichterung gewährt, so daß das mit einem bedeutenden Opfer an Zeit und Mühe verbundene Umkrystallisiren erspart werden kann. Außerdem bewerkstelligt man dieses nach der früher angegebenen Weise, indem man eine Auflösung des durch Waschen gereinigten Alaunmehls mittelst Dampfs oder kochenden Wassers darstellt und diese in die Krystallisationsgefäße bringt.

3) Für das relative Gewichtsverhältniß des zur Bereitung des Alauns aus Thon nöthigen Materials giebt Claude eine Vorschrift, nach welcher man 37 Kilogr. gepulverten Thon, welcher 34 Proc. Thonerde enthält, mit 40 Kilogr. Holzaschenlauge von 1,7 spec. Gew. vermischen und aus dem hierdurch erhaltenen Teige cylindrische Stücke von 200 bis 300 Grm. Gewicht formen soll, die dann in einem Ofen eine Viertelstunde lang einer lebhaften Rothglühhitze ausgesetzt werden müssen. Diese gebrannten Stücke werden, nachdem sie in ein feines Pulver umgewandelt worden sind, in ein zur Hälfte in die Erde gegrabenes Faß geschüttet und in demselben mit 75 Kilogr. Wasser oder Mutterlauge vermischt und der Mischung alsdann 48 Kilogr. Schwefelsäure von 66° B. zugesetzt. Sobald die Masse erkaltet ist, wird sie mit dem doppelten Gewichte siedenden Wassers zersetzt und tüchtig umgerührt, so daß sich in Folge dessen das Alaunpulver abscheidet.

4) Zu Bristol, Graffschaft Somerset in England, wird auf den Netham Chemical Works des Herrn Taylor der Alaun aus Pfeifenthon fabricirt, indem man denselben auf gewöhnliche Weise glüht und alsdann mit seiner gleichen Gewichtsmenge Schwefelsäure von 1,200 in einem großen Fasse mischt, auf dessen Boden ein Dampfrohr führt, um die Mischung bis zu 95 bis 100° C. zu erhitzen, sowie einige Topfscherben und Ziegelstücke auflegt, um die Filtration der Lösung von schwefelsaurer Thonerde zu erleichtern. Ist die Mischung von Thon und Schwefelsäure zwölf Stunden erhitzt worden, so wird die Lösung mittelst einer Röhre aus der Oeffnung am Boden in das Fällungsgefäß bei einer Dichtigkeit von 1,300 abgezogen. — Mohr empfiehlt hingegen, zur Bereitung des Alauns aus Pfeifenthon 130 Pfd. desselben nebst 70 bis 80 Pfund Potasche auf 196 Pfund Schwefelsäure (wie sie aus den Bleikammern erhalten wird) zu nehmen, eine Mischung, aus welcher man 474 Pfund krystallisirten Alaun erhalten soll.

5) Sehr einfach wird die Alaunbereitung, wenn man 110 Th. pulverisirten Thon mit 60 Th. Potasche, in wenig Wasser gelöst, mengt, daraus 1 bis 2 Zoll dicke Stücke formirt, diese trocknet, in einem Ziegelofen schwach glüht, zu Pulver mahlt und mit verdünnter Schwefelsäure wiederholt erhitzt. Die erhaltene Alaunlösung wird zur Krystallisation gebracht. Man erhält von 1 Ctnr. Töpferthon, 60 Potasche und 1 $^1/_4$ Ctnr. concentrirter Schwefelsäure etwa 3 $^1/_2$ Ctnr. Alaunmehl.

6) Zu Hurlet bei Glasgow ist das früher übliche Verfahren, den an Schwefelkies ärmsten Alaunschiefer in einem Reverberirofen zu glühen und gepulvert mit verdünnter Schwefelsäure zu behandeln, wieder außer Anwendung gekommen, und hat man sich auf die S. 98 beschriebene Methode beschränkt.

7) Metcalf mischt, anstatt den Thon vorher zu glühen, denselben im Verhältniß von 204 Kilogr. Thon und 136 Liter Wasser zu einem Brei, setzt dann 212 Kilogr. Schwefelsäure von 1,750 spec. Gew. zu und trocknet das Gemenge in einem besonderen Apparat bei einer Temperatur aus, die über dem Siedpunkt des Wassers liegt. Die trockne Masse wird ausgelaugt, aus der Lauge das Eisen durch Blutlaugensalz gefällt und zu der vom Berlinerblau getrennten Flüssigkeit wie gewöhnlich das Kalisalz zugesetzt.

8) Spence behandelt unter dem Steinkohlengebirge von Süd-Lancashire vorkommende Schiefer, nachdem dieselben auf die S. 71 angegebene Weise 8 bis 10 Tage gebrannt worden, mit verdünnter Schwefelsäure von 1,2 bis 1,25 spec. Gew., welche man bei einer Temperatur von 42° C. 20 bis 24 Stunden zu wiederholten Malen mit dem Erze in Berührung bringt. Bei den letzten Laugungen setzt man Mutterlauge mit zu und zu den Rohlaugen Kali- oder Ammoniaksalze in gewöhnlicher Weise. 1 Tonne Schiefer liefert 1,2 Tonne Ammoniakalaun. Es werden wöchentlich 110 Tonnen à 20 Ctnr. davon fabricirt und die Hälfte von sämmtlichem in England fabricirten Alaun (300 Tonnen pro Woche) wird nach diesem Verfahren dargestellt. Vor 1845 wurde in Süd-Lancashire nur wenig Alaun aus Pfeifenthon fabricirt und man bezog den erforderlichen Bedarf hauptsächlich von Whitby in Yorkshire.

B. Zerlegung thonerdehaltiger Substanzen durch schweflige Säure.

Zu Linz am Rhein setzte man früher mit Kieselschiefer einbrechende arme Kupfererze in 6 bis 8 Fuß hohen gemauerten Käften auf einem aus Basaltsäulen gebildeten Roste der Einwirkung schwefligsaurer Dämpfe (durch Röstung von Zinkblende erzeugt) aus. Durch Contactwirkung ging die schweflige Säure in Schwefelsäure über und bildete schwefelsaure Salze.

Unter öfterem Umstechen wurde das Haufwerk drei Wochen lang ausgelaugt und die ersten Laugen auf gemischten Vitriol, die letzten wieder zur Laugerei benutzt. Nach Ausscheidung des Kupfers aus der Rohlauge durch Eisen erfolgte Eisenvitriol und die Mutterlaugen davon wurden unter Zusatz von Seifensiederfluß bei ihrem Gehalt an schwefelsaurer Thonerde auf Alaun benutzt.

C. Aufschließen thonerdehaltiger Substanzen (Feldspath, Kryolith) und Behandlung mit Schwefelsäure.

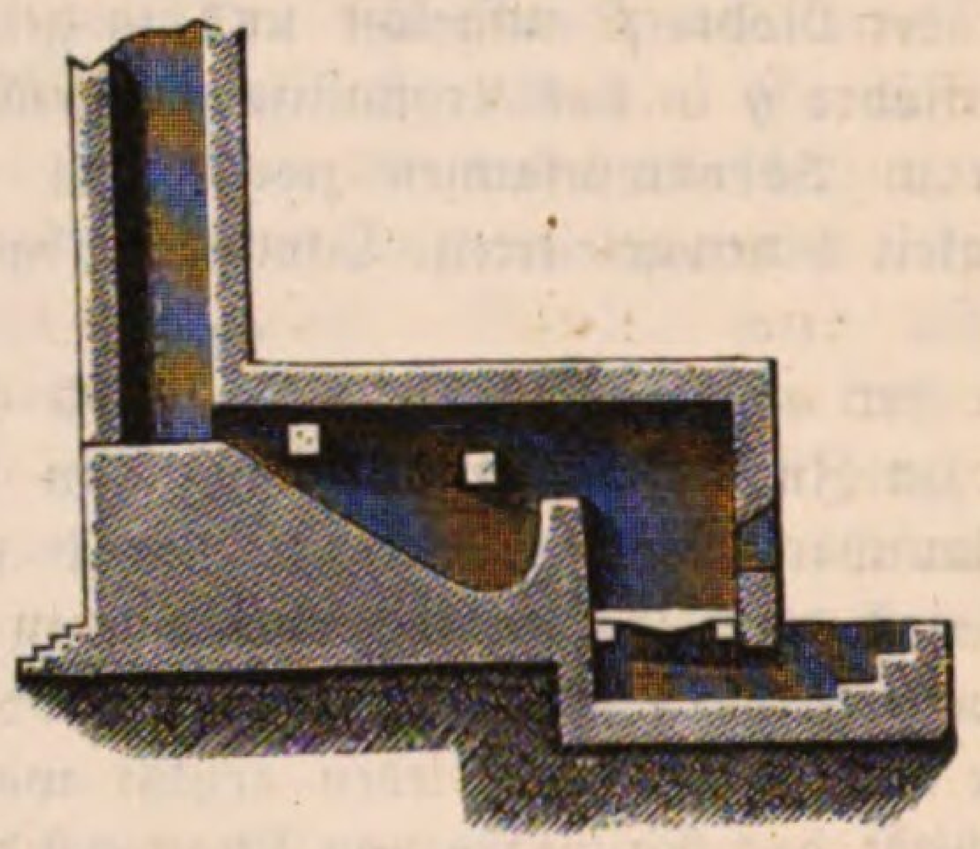
1) Alaunbereitung aus Feldspath.

a) Zur Darstellung von Alaun ohne besonderen Zusatz von Kali- oder Ammoniaksalzen wird nach Sprengel der Feldspath ($KO . Si_3 + Al_2O_3 . 3 Si_3$) durch Erhitzen mit saurem schwefelsauren Kali zerlegt und dann bei Zusatz von kohlensaurem Kali zu einer glasartigen Masse geschmolzen.

Behandelt man denselben mit kochendem Wasser, so wird von diesem ein lösliches kieselsaures Kali aufgelöst, während ein unlösliches kieselsaures Doppelsalz (aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kali bestehend) zurückbleibt, welches mit siedender Schwefelsäure behandelt, Alaun und abgeschiedene Kieselsäure liefert. — Der Alaun wird alsdann mittelst Wasser aufgelöst und die Lösung bis zur Krystallisation verdampft.

b) Nach Turner wird der Feldspath in einer gewöhnlichen Steinmühle zermalmt, bis das Pulver einem feinkörnigen Sande ähnlich ist, eine Operation, die vielfach durch Erhitzen des Feldspaths bis zur Rothglühhitze und Eintauchen in kaltes Wasser unterstützt wird. Hierauf wird das feine Pulver mit dem gleichen Gewichte schwefelsauren Kalis gemischt und in dem oberen Theil des geneigten Herdes eines Reverberirofens, ähnlich dem in Fig. 19 gegebenen, rothglühend gemacht. Sobald man die hierdurch erzeugte glasartige Masse von dem oberen Theil des Herdes herabfließen sieht, setzt man

Fig. 19.



nach und nach an dem unteren Theile so viel saures kohlensaures Kali zu, als zuvor schwefelsaures benutzt worden war, und fährt so lange mit dem Zusatz fort, bis der Sack des Ofens ganz gefüllt ist, indem Mineral und schwefelsaures Kali wieder auf das obere Ende hinaufgebracht werden, um von Neuem Glas für die nächste Operation zu bereiten.

Die Verbindung sollte in einem Ofen mit flachem Boden bewerkstelligt werden, da sie aus einem solchen mit größerer Leichtigkeit abgeschieden werden kann, aber in diesem Falle sollte auch nicht früher kohlensaures Kali benutzt werden, bis man bemerkt hat, daß die ganze Menge des schwefelsauren Salzes zersetzt worden ist, wonach es dann mit der Masse geschmolzen wird. Beim Kochen der auf diese Weise erzeugten glasartigen Masse mit Wasser wird dieselbe Menge Kali, welche zum Feldspath gesetzt worden war, und zwei Drittheile der in dem Mineral enthaltenen Kieselerde aufgelöst, während das übrige Drittel Kieselerde und die Alaunerde, sowie eine gleiche Menge Kali, wie der Feldspath ursprünglich enthält, in Form einer leichten porösen Masse zurückbleiben, die an Zusammensetzung dem Eläolith ähnlich ist und sorgfältig aus der Lösung abgeschieden, sowie mit Wasser wohl ausgelaugt wird, um das kieselsaure Kali auszuziehen. Sodann wird der poröse Niederschlag in eine große bleierne Cisterne gebracht, in welcher derselbe mit siedender verdünnter Schwefelsäure von 1,20 spec. Gew. behandelt wird, welche hinreichend Wasser zur Lösung und Krystallisation des durch die Zersetzung der eläolithähnlichen Masse erzeugten Alauns enthält.

Als allgemeine Regel für die Quantitäten des Zusatzes von verdünnter Säure gilt, daß dieselbe 160 Pfd. wasserfreie Säure auf je 285 Pfd. Feldspath enthalte, und im Falle andere Mineralien behandelt werden sollen, wird ebenfalls eine verhältnißmäßige Menge Säure genommen, so daß die gebildete Alaunlösung keine freie Schwefelsäure enthält. Um eine zu große Acidität der Lösung zu verhüten, ist es besser, bei der ersten Operation nicht mehr als ein Viertel der Schwefelsäure-Menge zu dem gebildeten Eläolith zu setzen; es wird zwar ein Theil, nachdem die Alaunlösung abgezogen worden ist, unzersetzt bleiben, aber dieser wird dann auch die Einwirkung der ganzen übrigen Quantität Schwefelsäure

erleiden und vollständig zersetzt werden, und die Lauge für eine neue Menge aufbewahrt. Bei der zweiten Operation wird alle freie Säure, welche zurückgeblieben ist, neutralisirt und so eine von einem Ueberschuß an Säure freie Alaunlösung erhalten. Die siedende Flüssigkeit wird dann, nachdem sich das Sediment abgesetzt hat, in die Kühlgefäße abgezogen (so wie sie im Allgemeinen zur Krystallisation des Alauns benutzt werden), wo sich hier $^4/_5$ Theile des in der Lauge enthaltenden Alauns in Krystallen abscheiden. Der noch zurückgebliebene Alaun wird durch Abdampfen zur Trockne erhalten, und auf diese Weise die in der Lösung vorhandene Kieselerde unlöslich gemacht, so daß man endlich die trockne Masse entweder mit Wasser oder einer anderen Quantität Mutterlauge behandelt und die Lösung wie zuvor bis zum Krystallisiren verdampft.

Sind Natronsalze für den obigen Proceß angewandt, so wird natürlich Natronalaun erhalten; aber für diesen Zweck wird Albit wegen seines Ueberschusses an Natron vorgezogen. Das je nach Umständen vorhandene Kali oder Natron wird nach folgenden Methoden erhalten: 1) Die starken Lösungen, welche erhalten werden (etwa 1,20), bringt man in irgend ein Gefäß, durch welches ein Strom von Kohlensäure geleitet wird; die Kohlensäure wird absorbirt und die Lösung nimmt wegen der Abscheidung des Kieselerde-Hydrates das Ansehen einer gallertartigen Masse an, während die Flüssigkeit kohlensaures Natron oder Kali enthält.

Beim Trocknen dieser Masse in einem Ofen, dessen Temperatur jedoch nie Rothgluth erreichen darf, verliert die Kieselsäure ihr Wasser und wird unlöslich; aus dem Rückstande kann man das kohlensaure Natron oder Kali mit Wasser ausziehen und dasselbe durch Verdampfen dieser Lösung gewinnen.

Die zweite Methode, welche die einfachere ist, besteht darin, daß man das kieselsaure Alkali durch eine Schicht von Aetzkalk filtrirt, wobei der Kalk sich mit der Kieselsäure verbindet und Alkalihydrat frei macht, welches durch Sättigung mit Kohlensäure in kohlensaures Salz verwandelt werden kann.

Mit Ausnahme der hohen Temperatur, welche der Feldspath zu seiner Zersetzung erfordert, ist Turner's Verfahren sehr ergiebig, ein Hinderniß, welches bei dem von Tilghmann angewandten und patentirten Verfahren, den Feldspath mit schwefelsaurem Kali und Chlorkalium zu behandeln, wegfällt.

c) Ferner kann der Alaun auch auf ähnliche Weise durch Behandlung einer Mischung von 2 Theilen Feldspath und 3 Theilen Flußspath mit Schwefelsäure bei einer mäßigen Rothglühhitze erhalten werden, bis Dämpfe von Fluorwasserstoffsäure sich zu entwickeln aufhören. Die Zersetzung des Flußspathes mittelst Schwefelsäure veranlaßt das Freiwerden von Fluorwasserstoffsäure und diese zersetzt die kieselsauren Salze unter Bildung von Kieselfluorwasserstoffsäure, wie es die folgende Gleichung genauer erläutert:

$$Al_2O_3.3SiO_3 + KO.SiO_3 + 12CaF + 4HO.SO_3$$
$$= Al_2O_3.3SO_3 + KO.SO_3 + 12CaO + 4HF.SiF_2.$$

Im ersten Stadium des Processes wird schwefelsaurer Kalk gebildet, aber später zersetzt und die Schwefelsäure auf das Alkali und die Thonerde übertragen, sowie diese Körper ihrer Kieselerde beraubt werden. Die Masse wird nun mit Wasser ausgelaugt und nach der Abscheidung von etwas schwefelsaurem Kalk wird die Lösung verdunstet; beim Erkalten setzt sich eine reichliche Menge von Alaunkrystallen ab.

2) Alaunbereitung aus Kryolith.

Der Kryolith, $Al_2Fl_3 + 3\,NaFl$, wird in neuerer Zeit in großen Massen aus Grönland bezogen, um zum geringsten Theil nach Rose's Methode auf Aluminium, zum größten Theil aber auf Soda oder Aetznatron und schwefelsaure Thonerde oder Alaun benutzt zu werden.

Der Kryolith findet sich nach Taylor in Grönland bei Evigtok, etwa 12 Meilen von der dänischen Niederlassung Arksut. Der Raum, wo der Kryolith nebst seinen Begleitern vorkommt, ist durch zwei Trappgänge begrenzt, welche in Gneiß und Hornblendeschiefer aufsetzen. In der Nähe der Kryolithablagerung wird der Gneiß granitisch. An der westlichen Seite findet sich zwischen Kryolith und granitischem Gneiß eine massige Ablagerung von weißem Quarz und Feldspath, ersterer oft in fußdicken Krystallen. Dieses Quarzgestein ist in verschiedenen Richtungen von Kryolithpartien durchsetzt, welche, von der Hauptablagerung isolirt, Krystalle von Titanit, Zinnoxyd, Blende, Molybdän, viel Bleiglanz, Kupferkies, Arsenkies, Schwefelkies und Spatheisenstein führen. Der Kryolith bildet in seiner Hauptmasse ein der Schichtung parallel liegendes Lager von beinahe 80 Fuß Mächtigkeit und 300 Fuß Länge, mit 45° Fallen nach Süden und einem Streichen von nahe Ost nach West. Bei 50 Fuß Tiefe ist das Lager noch nicht durchsunken. An der Südseite berührt der granitische Gneiß nicht unmittelbar den Kryolith, sondern derselbe ist an der Grenze auf einige Fuß mit Bleiglanz, Kupferkies, Blende, Schwefelkies und Spatheisenstein imprägnirt, daneben liegt eine Bleiglanzader mit 83,5 Proc. Blei und 45 Unzen Silber in 1 Tonne Erz, daneben ein Quarzgang, dann folgt granitischer Gneiß, darauf ein Spatheisensteingang mit dem Fallen des Kryolithlagers und dann granitischer Gneiß, welcher um so mehr in wirklichen Gneiß übergeht, je näher er dem bezeichneten Trappgange kommt. An der Nordseite des Kryoliths findet sich ebenfalls die Erzeinsprengung, daran schließt sich ein Flußspathgang und es folgt dann schon der granitische Gneiß. Der oberflächlich weiße, weniger compacte und weniger durchscheinende Kryolith wird bei 10 Fuß Tiefe dunkel, bei 15 Fuß Tiefe fast ganz schwarz, immer dichter und durchscheinender. Beim Glühen nimmt er unter 1 Proc. Verlust an Säure und Wasser die Eigenschaften des weißen Kryoliths an. Die Grönländer benutzen den Kryolith zum Mahlen der Tabacksblätter, wobei der erzeugte Schnupftaback beinahe sein halbes Gewicht an Kryolithpulver aufnimmt.

Schon vom Jahre 1849 an beschäftigte sich Professor Julius Thomsen in Kopenhagen mit dem Studium des Kryoliths in technischer Beziehung, entdeckte 1850 die Zersetzbarkeit dieses Minerals durch Kalk und Kalksalze und nahm 1853 ein zehnjähriges Patent auf die Verarbeitung des Kryoliths nach dieser Methode.

Nachdem die Herbeischaffung einer hinreichenden Menge Rohmaterials aus Grönland ermöglicht worden,

eröffnete Thomsen 1857 die erste kleine Fabrik für Sodagewinnung aus Kryolith in Kopenhagen, welcher 1858 die Anlage einer zweiten größeren, die Fabrik Oeresund bei Kopenhagen, folgte. Nach dem Muster derselben ist 1861 eine Fabrik in Harburg (Müller und Hasberg) auf Soda und schwefelsaure Thonerde errichtet, welcher noch anderweitige ähnliche Fabriken in Prag, Selicia und Mannheim nachgefolgt sind.

Die Firma Thbd. Weber und Comp. in Kopenhagen besorgte für die fünf bestehenden Fabriken jährlich an 120- bis 150000 Ctnr. Kryolith; für die Harburger Fabrik allein 20000 Ctnr. zu $2\frac{1}{2}$ Thlr. pro Ctnr. franco Harburg.

Noch besonderes Verdienst um die Verbesserung der Verarbeitung des Kryoliths auf Soda und Alaun hat sich der technische Director der Kopenhagener Fabrik, Hr. Göker, durch Construction zweckmäßiger Oefen erworben.

Die Abscheidung der Thonerde aus dem Kryolith und deren Nutzbarmachung kann in nachstehender Weise geschehen:

a) Zerlegung des Kryoliths durch kohlensauren Kalk auf trocknem Wege nach Thomsen's Methode: Man erhitzt ein Gemenge von 1 Aeq. Kryolith mit 6 Aeq. kohlensaurem Kalk. Es bildet sich unter Entweichen von Kohlensäure in Wasser lösliches Natronaluminat und unlösliches Fluorcalcium: $(Al_2Fl_3 + 3\,NaFl) + 6\,CaO\,.\,CO_2 = Al_2O_3\,.\,3\,NaO + 6\,CaFl + 6\,CO_2$.

In Kopenhagen geschieht die Zersetzung des Gemenges von Kryolith und Kreide durch Steinkohlenfeuer, welches einestheils über das auf Steinplatten ausgebreitete Schmelzgut hinwegstreicht, dann aber auch unter den Steinplatten hindurchgeht. In Folge dieser gleichmäßigen Erhitzung entstehen wenig oder gar keine Klumpen.

In Harburg findet bei Anwendung eines gewöhnlichen Flammofens an der Feuerbrücke gewöhnlich Sinterung Statt, während an der Fuchsseite die Zersetzung nicht vollständig ist. Die beim Erkalten hart werdenden Klumpen lassen sich dann fast gar nicht auslaugen. Man zieht deshalb die glühenden Klumpen etwas früher, als die übrige Mischung, aus, zerdrückt dieselben, reibt sie mit eisernen Krücken durch ein Drahtsieb, zermalmt die Siebgröbe unter Kollermühlen, glüht nochmals, siebt wieder und erhält dann dieselben Resultate, wie in Kopenhagen. Das Mengen der Bestandtheile geschieht entweder bloß unter Kollermühlen (Kopenhagen) oder besser, wie in Harburg, wenn man das unter solchen Mühlen Zerkleinte in einem großen eisernen Rollirfaß mit 25 Stück eisernen 24pfündigen Kanonenkugeln rotiren läßt. Man erhält dabei eine um 4 Proc. höhere Ausbeute.

Man laugt alsdann das Natronaluminat mit Wasser aus und leitet in die Lösung die bei der vorhergehenden Schmelze entwichene Kohlensäure, welche unter Bildung von kohlensaurem Natron Thonerdehydrat ausscheidet. Die geklärte Natronlauge gießt man ab und versiedet sie auf Soda, während die ausgewaschene Thonerde in verdünnter Schwefelsäure gelöst wird.

Diese Lösung wird entweder zur Bildung von Alaun mit einem Kalisalz versetzt oder für sich abgeraucht und das entstehende feste Salz unter dem Namen Sulphat in der Färberei verwandt. 1 Aeq. Kryolith (238) liefert 1 Aeq. Thonerde (78,8), also $\frac{1}{3}$ des Kryoliths, oder 100 Pfd. Kryolith 33 Pfund Thonerde, welche 90 Pfd. englische Schwefelsäure (das im Handel vorkommende $1\frac{1}{2}$ atomistische Hydrat) zur Neutralisation erfordern. 100 Pfd. Kryolith können danach an 305 Pfd. Alaun liefern.

b) Zerlegung des Kryoliths durch Aetzkalk auf nassem Wege nach Sauerwein. Man kocht höchst fein gemahlenen Kryolith (1 Aeq. = 238 Th.) mit gebranntem und gelöschtem, möglichst eisenfreiem Kalk (6 Aeq. = 168 Th.) in einem Bleigefäß, so entsteht mit großer Leichtigkeit eine Lösung von Natronaluminat und unlösliches Fluorcalcium: $(Al_2Fl_3 + 3\,NaFl) + 6\,CaO = Al_2O_3\,.\,3\,NaO + 6\,CaFl$.

Nachdem sich der Flußspath abgesetzt hat, decantirt man die klare Lauge, wäscht den Rückstand einige Male aus, giebt die ersten Waschwasser zur Hauptlauge und benutzt die letzten Laugen statt Wasser bei einer nächsten Operation.

Zur Abscheidung der Thonerde behandelt man die Lösung in der Hitze mit höchst fein gepulvertem überschüssigen Kryolith unter stetem Umrühren, wobei die Zersetzung nach der folgenden Formel vor sich geht:

$$(Al_2O_3\,.\,3\,NaO) + (Al_2Fl_3 + 3\,NaFl) = 2\,Al_2O_3 + 6\,NaFl.$$

Da die ausgeschiedene feinvertheilte Thonerde den Kryolith zu umhüllen strebt, so wendet man letzteren höchst fein zertheilt im Ueberschuß unter stetem Rühren an.

Die völlige Umwandlung der Stoffe hat stattgefunden, wenn sich in der Lösung kein Aetznatron mehr findet, dessen Vorhandensein bei Zusatz von Salmiaklösung zu einer filtrirten Probe an dem Thonerde-Niederschlag beim Erhitzen sich kund giebt. Ist dies nicht mehr der Fall, so läßt man sich die Lauge klären, zieht die klare Lösung des Fluornatriums ab, wäscht die rückständige Thonerde aus und verfährt damit, wie oben angegeben.

Durch Kochen der Fluornatriumlösung mit gebranntem und gelöschtem Kalk erzeugt man Aetznatron, welches von dem Fluorcalcium-Niederschlag getrennt und durch theilweises oder vollständiges Eindampfen in Natronlauge oder festes Aetznatron verwandelt wird.

Wendet man möglichst eisenfreien Kalk an, so fällt auch die Thonerde sehr rein aus; es kann aber auch der Kryolith eisenhaltig sein.

Dieses Verfahren ist nicht weniger einfach, als das vorige, zumal sich bei richtiger Ausführung desselben die Angabe Tissier's nicht bestätigt, daß bei der Umwandlung des Kryoliths mittelst Kalkes nur ein Drittel des Aluminiums als Thonerde erfolgt.

Nach Moigno geben 100 Th. Kryolith beim Kochen mit Kalkmilch oder beim Glühen mit Aetzkalk 57 Th. Natronhydrat und 24,4 Th. aufgelöste Thonerde, wenn man die Zersetzung nach folgendem Schema annimmt:

$$Al_2Fl_3\,.\,3\,NaFl + 6\,(CaO\,.\,HO) = 3\,(NaO\,.\,HO) + Al_2O_3 + 6\,CaFl + 3\,HO.$$

c) Zerlegung des Kryoliths durch Schwefelsäure. In der Fabrik von Weber (in Kopenhagen), dem Besitzer sämmtlicher Kryolithbrüche in Grönland, gewinnt man durch Zersetzen von Kryolith mit Schwefel-

säure und Behandeln mit kohlensaurem Kalk Soda und als Nebenproduct ganz eisenfreie schwefelsaure Thonerde. Der Kryolith erfordert nach Sauerwein zu seiner Zersetzung auf 1 Aeq. (238 Th.) 6 Aeq. und zwar 240 Th. wasserfreie oder 321 Th. gewöhnliche englische Schwefelsäure des Handels und giebt dabei neutrale schwefelsaure Thonerde, schwefelsaures Natron und Flußsäure:

$$(Al_2 Fl_3 + 3\,Na\,Fl) + 6\,(HO\,.\,SO_3)$$
$$= Al_2\,O_3\,.\,3\,SO_3 + 3\,(NaO\,.\,SO_3) + 6\,FlH.$$

Dampft man die Lösung ein und läßt krystallisiren, so scheidet sich das schwefelsaure Natron aus und die übrig bleibende, an schwefelsaurer Thonerde reiche Mutterlauge liefert das Material zur Alaunbereitung.

Dieses Verfahren erfordert besondere Feuerung und besondere Apparate, liefert theurere Producte und die Arbeiten sind umständlicher, als bei den vorigen, das Glaubersalz muß erst noch in Soda verwandelt werden, wobei die Hälfte der zur Zersetzung des Kryoliths angewandten Schwefelsäure verloren geht. Außerdem muß die nur wenig zu verwerthende Flußsäure entfernt werden, da sie noch schädlicher ist, als das salzsaure Gas der Sodafabriken.

Nach Persoz' Vorschlag erhitzt man den Kryolith mit dem Dreifachen concentrirter Schwefelsäure in Platingefäßen bis zum Ueberdestilliren des größten Theils der Säure und unter Auffangung der Flußsäure. Aus dem Rückstand zieht man mit wenig kaltem Wasser den größten Theil des darin enthaltenen sauren schwefelsauren Natrons aus, bringt die ungelöst bleibende wasserfreie schwefelsaure Thonerde durch Kochen mit Wasser in Lösung und wandelt dieselbe durch Zusatz von schwefelsaurem Kali in Alaun um.

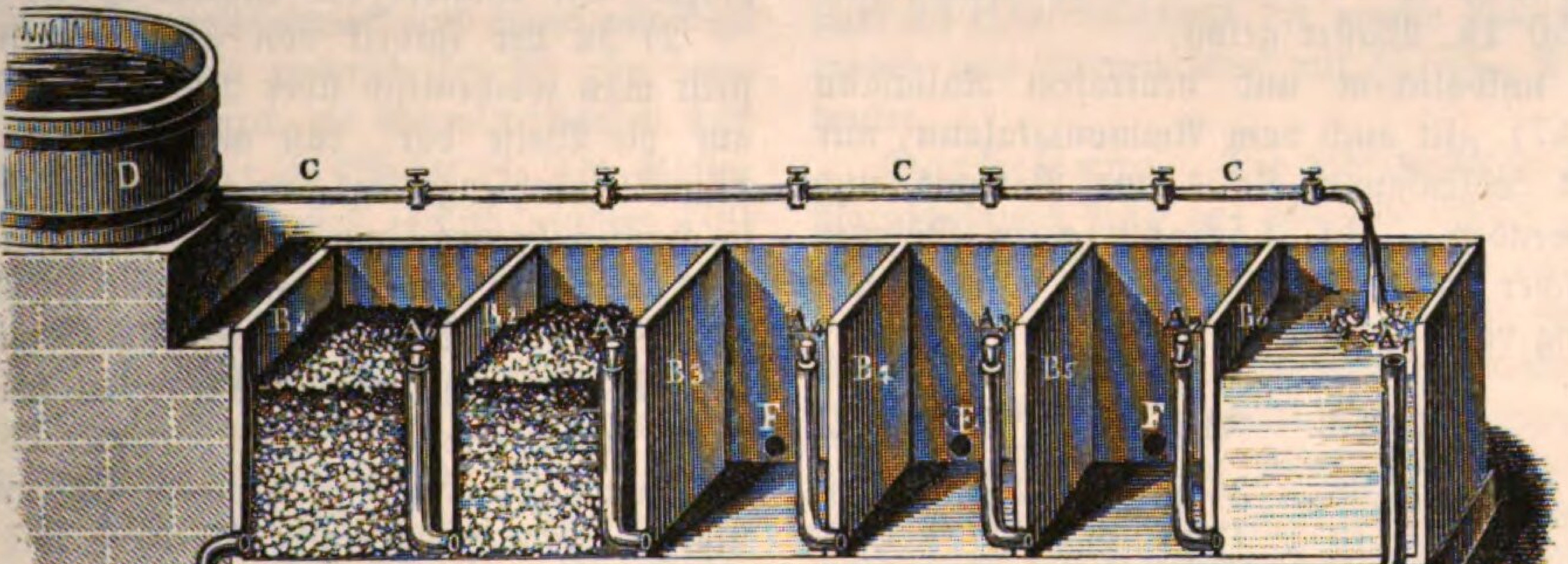
D. Rösten thonerdehaltiger Substanzen (Thon, Alaunschiefer) mit Schwefelkies.

1) Nach Gossage bildet man aus einem Teig von Thon, gepulvertem Schwefelkies, Chlorkalium und Wasser Kuchen, trocknet dieselben und calcinirt 6 Stunden bei Rothglühhitze. Dabei trägt der röstende Schwefelkies zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde bei (S. 71), während durch Einwirkung der Kieselsäure des Thons und von Wasserdämpfen auf das Chlorkalium Salzsäure frei wird, welche zersetzend auf den Thon einwirkt. Wird die calcinirte Masse mit schwefelsäurehaltigem Wasser extrahirt und die Lauge nach gehöriger Einengung zur Krystallisation gebracht, so erhält man Alaun. Man kann dem Teig kupferarme Kiese beigeben, um das Kupfer in schwefelsaure Lösung zu bringen, aus welcher dasselbe durch Eisen niedergeschlagen und die Mutterlauge zur Alaunbereitung verwandt wird. Ein passendes Gemenge ist: 200 Th. calcinirte kupferhaltige Kiese, 22 Th. Chlorkalium, 80 Th. rohe Kiese mit 25 Proc. Schwefel und 80 Th. Thon mit 35 Proc. Thonerde.

2) Nach Richardson werden zu schwefelkiesarme Alaunschiefer mit Schwefelkies gemengt, geglüht und, um die Rohlauge daraus zu erhalten, eine Reihe von Behältern, wie sie Fig. 20 angiebt, benutzt; sie stellt die Art und Weise dar, wie die Lösung der schwefelsauren Thonerde bewirkt wird.

$B^1 B^2 B^3 B^4 B^5 B^6$ sind eine Reihe von Behältern mit Röhren $A^1 A^2 A^3 A^4 A^5 A^6$ versehen, um die Mutterlauge von einem zum anderen zu leiten, welche mit Zapfen oder Hähnen verstopft sind, wie sich aus der Abbildung ersehen läßt. — Wasser läuft aus dem Behälter D durch die Röhre C in den Behälter B^6, bis es durch die Röhre A^1 überfließt, und

Fig. 20.



durch die Röhre O bis in B^1 eintritt, durch welche es aufsteigt, bis der Behälter gefüllt ist, indem der Inhalt der löslichen Bestandtheile beim Aufsteigen erschöpft wird. Hat die Flüssigkeit einige Tage hindurch gestanden, so wird ein neuer Zufluß von Wasser, wie zuvor, nach B^6 geleitet, wodurch die Flüssigkeit in B^1 gezwungen wird, durch A^6 zu gehen, indem man den Zapfen im Behälter B^2 entfernt, welcher frisch calcinirten Schiefer enthält. Die Flüssigkeit steigt dann durch den Schiefer hindurch in diesem Behälter wie bei B^1 in die Höhe, und wenn sie 2 bis 3 Tage mit demselben in Berührung bleibt, so läßt man noch einmal frisches Wasser nach B^6 fließen, welches den flüssigen Inhalt von B^2 nöthigt, in das dritte Gefäß zu gehen. Diese Behandlungsweise wird so lange wiederholt, als der Arbeiter es nothwendig findet, um die Flüssigkeit zur erforderlichen Stärke zu bringen. Ist dann der eigentliche Grad der Sättigung erreicht, so wird die Lösung durch die Hähne F abgezapft. Ist der Schiefer in irgend einem Gefäße erschöpft gefunden, so wird er entfernt und eine frische Portion hineingelegt, mit welcher die Auslaugung wie zuvor vorgenommen wird.

Sowie nun die Operation wochenweise vorwärts geht, ist es auch natürlich nothwendig, den Zufluß von Wasser aus dem Behälter *D* zu beginnen, welcher wie eben beschrieben geschehen kann, oder dadurch, daß man es auf einmal in die Röhren *AAA* (an den betreffenden Hähnen in der Röhre *C*) laufen läßt. Durch diese Einrichtung (wodurch man die Flüssigkeit von einem Behälter zum anderen zu pumpen vermeidet) wird der Proceß im Allgemeinen bequemer gemacht und das Resultat wird eine vollständige Erschöpfung des Schiefers sein.

Ammoniakalaun. Eigenschaften. — Der Ammoniakalaun — $NH_4O . SO_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 + 24HO$ mit 3,77 Ammoniak, 11,32 Thonerde, 35,29 Schwefelsäure und 49,62 Wasser oder 14,55 schwefelsaurem Ammoniak, 37,78 schwefelsaurer Thonerde und 47,67 Wasser — hat ganz ähnliche Eigenschaften, wie der Kalialaun (S. 46), nur ist er etwas leichter in Wasser löslich, was seine Reinigung von Eisen durch Krystallisation beeinträchtigt, giebt stark geglüht nur Thonerde und entläßt beim Erwärmen mit Kali oder Kalk Ammoniak.

Nach Poggiale lösen 100 Theile Wasser:

	Kryst. Alaun.	Wasserfr. Alaun.
Bei 0° C.	5,22	2,62
„ 10 „	9,16	4,50
„ 20 „	13,66	6,57
„ 30 „	19,29	9,05
„ 40 „	27,27	12,35
„ 50 „	36,51	15,90
„ 60 „	51,29	21,95
„ 70 „	71,97	26,09
„ 80 „	103,08	35,19
„ 90 „	187,82	50,30
„ 100 „	421,90	70,83

Nach Pohl wird bei 17,5° C. 8,74 Th. Ammoniakalaun von 1,650 Th. Wasser gelöst.

Was von unlöslichem und neutralem Kalialaun gesagt ist (S. 47), gilt auch vom Ammoniakalaun, nur kann man statt kohlensauren Kalis und Natrons auch Ammoniak anwenden. Zu Tschermig in Böhmen kommt natürlicher Ammoniakalaun von nachstehender Zusammensetzung vor:

	Gruner.	Pfaff.	Lampadius.	Stromeyer.
Schwefelsäure	33,68	36,00	38,58	36,06
Thonerde	10,75	12,14	12,34	11,60
Eisenoxyd	—	0,20	—	—
Ammoniak	3,62	6,58	4,12	3,72
Wasser	51,00	45,00	44,96	48,39
Magnesia	—	0,28	—	0,12

Darstellung des Ammoniakalauns. Obgleich man in der Färberei für die Herstellung der delicatesten Farben, z. B. Türkischroth, raffinirten Kalialaun wegen seiner Reinheit allen anderen Thonerdeverbindungen vorzieht, so kann doch der Ammoniakalaun in den meisten Fällen den Kalialaun ersetzen, und seitdem in neuerer Zeit die Kalisalze aus angegebenen Gründen (S. 52) schwieriger als früher zu erlangen sind, hat sich die Production an Ammoniakalaun wegen meist leichteren Bezugs von Ammoniaksalzen wesentlich vergrößert, zumal dabei einfachere Darstellungsmethoden anwendbar sind.

Als Rohmaterialien zur Darstellung von schwefelsaurer Thonerde dienen im Allgemeinen dieselben, wie beim Kalialaun (S. 54), namentlich aber behandelt man häufig Thon mit Schwefelsäure, wodurch der Proceß sehr einfach und wenig kostspielig wird (Manchester). Das schwefelsaure Ammoniak, welches zu der gaaren Rohlauge ganz so wie beim Kalialaun hinzugefügt wird, erhält man:

1) Meist aus dem ammoniakalischen Wasser der Leuchtgasfabriken, indem man dasselbe in einem großen cylindrischen Dampfkessel erhitzt und die entwickelten Ammoniakdämpfe in einen mit Schwefelsäure theilweise gefüllten Behälter leitet (Hurlet, Fabrik von Spence in Manchester 2c.). Gewöhnlich erzeugt man sich die Schwefelsäure auf den Fabriken selbst durch Röstung von Schwefel- oder Kupferkiesen. Wo die Schwefelsäure zu theuer kommt, kann man zur Umwandlung des kohlensauren Ammoniaks der Gewässer in schwefelsaures auch Lösungen von Gyps und Eisenvitriol, sowie Mutterlaugen von der Alaunbereitung anwenden.

2) Aus der ammoniakalischen Flüssigkeit, welche durch Destillation animalischer Substanzen, z. B. bei der Bereitung der Knochenkohle und der Stickstoffkohle für die Blutlaugensalzfabrikation erhalten wird. Gefaulter Urin kam früher häufiger zur Verwendung. Die Prüfung der ammoniakalischen Flüssigkeit auf ihre alaunerzeugende Kraft geschieht ähnlich wie beim Kalialaun (S. 85).

Als Beispiele für die Darstellung des Ammoniakalauns mögen folgende dienen:

1) Zu Hurlet bei Glasgow geschieht die Darstellung dieses Salzes ganz ähnlich, wie die des Kalialauns in daselbst befindlichen Fabriken (S. 98), nur fügt man statt schwefelsauren Kalis vor dem Mehlmachen auf die oben angegebene Weise bereitetes schwefelsaures Ammoniak hinzu. Die Analyse des Alauns ist S. 103 mitgetheilt.

2) In der Fabrik von Spence in Manchester stellt man wöchentlich über 2000 Ctnr. Ammoniakalaun auf die Weise dar, daß man Grauwackenschiefer aus dem Steinkohlengebirge Lancashires, mit Kohlen gemengt, in Haufen brennt, um das Eisenoxyd schwerlöslich zu machen, dann denselben mahlt und in überdeckten Bleipfannen mit Kammer-Schwefelsäure erhitzt, welche auf dem Werke selbst durch Rösten von spanischen Kupferkiesen fabricirt wird. Nach beendigter Lösung der Thonerde wird die Säure in gleichem Apparate mit Ammoniakgas zusammengebracht, welches aus Theerwasser in einem Dampfkessel entwickelt wird. Die sehr eisenarmen Laugen läßt man zu Alaunkegeln (S. 89) krystallisiren.

3) Zu Amay bei Corfali in Belgien bleibt Alaunschiefer 3 bis 6 Monate an der Luft bis zum Zerfallen liegen, worauf man ihn bei einer untergelegten Steinkohlenschicht 3 bis 4 Monate in Brand erhält und sodann in gemauerten, ausgethonten Cisternen von 8 bis 10 Fuß Durchmesser und 5 Fuß Tiefe auslaugt. Den Rückstand behandelt man mit schwefligsauren Dämpfen vom Rösten von Zinkblende und laugt sie dann von Neuem aus. Die Rohlauge wird in drei Bleipfannen mit einer gemeinschaftlichen Feuerung eingedampft, wobei sich ein stark basisches Salz abscheidet, welches, nach dem Glühen in einem Flammofen mit Mutterlauge behandelt, wieder Thonerdelösung giebt.

Die vom Schlamm abgelassene Lauge wird gaar gesotten, in hölzernen Bütten mit schwefelsaurem Ammoniak vermischt und Alaunmehl gemacht. Dieses wird nochmals aufgelöst, zur Krystallisation gebracht und die erhaltenen Alaunkegel für den Handel in Streifen zersägt (S. 89).

Der Betrieb der Lütticher Alaungruben stammt schon aus dem 13. Jahrhundert her und die Blüthe desselben reichte bis zum Jahre 1815, wo durch Aufhebung des Continentalsystems die mehrsten Alaungruben bei der — im Vergleich zu Alaunhütten mit Alaunerden — theuren Gewinnung des Alaunschiefers zum Erliegen kamen. Früher ließ man die bis zu 12 Meter hoch aufgestürzten Haufen wenigstens ein Jahr verwittern und röstete sie in abwechselnden Lagen mit Reisholzbündeln, indem man die Haufen auf der einen Seite anzündete und beim Fortrücken des Feuers die andere Seite weiter bearbeitete. Durch die Holzasche wurde Kali in die Masse gebracht, so daß die beim Auslaugen erhaltene Flüssigkeit nach vorheriger Concentration und Klärung direct auf Alaun benutzt wurde. Die Schiefer lieferten etwa 4 Proc. Alaun. Später erhielt man durch Zusatz von Potasche auch noch aus den Mutterlaugen Alaun. Neuerdings hat man sich hauptsächlich auf die Darstellung von Ammoniakalaun beschränkt, seitdem die Kalisalze seltener geworden.

Von dem Einflusse, welchen die Bleibtreu'schen Alaunwerke auf den Absatz von belgischem Alaun in Deutschland gehabt haben, war bereits (S. 46) die Rede.

Natronalaun. Eigenschaften. — Der Natronalaun — $NaO . SO_3 + Al_2 O_3 . 3 SO_3$ mit 6,81 Natron, 11,20 Thonerde, 34,90 Schwefelsäure und 47,1 Wasser oder 15,54 schwefelsaurem Natron, 37,36 schwefelsaurer Thonerde und 47,1 Wasser — besitzt die äußere Form, den eigenthümlichen Geschmack und manche sonstige Eigenschaften des Kalialauns, unterscheidet sich von demselben aber hauptsächlich durch die Verwitterbarkeit und seine weit größere Löslichkeit in Wasser (1 Th. Alaun ist in nahe 2 Th. kaltem Wasser löslich, indem 100 Th. Wasser bei 10° C. an 46 Th. davon aufnehmen; nach Zellner lösen sich die Krystalle in 2,14 Th. Wasser von $10^1/_2$° R. und in ihrem gleichen Gewicht kochenden Wassers), und die Eigenschaft, kein Alaunmehl zu geben, wodurch die Abscheidung der fremden Salze, namentlich des Eisens durch Krystallisation, wie bei den anderen Alaunsorten, nicht möglich wird. Es müssen deshalb eisenfreie, durch Blutlaugensalz gereinigte, bis mindestens 35° B. concentrirte Laugen, sowie eisenfreies Glaubersalz zur Verwendung kommen. Da nach dem Zusammenmischen von Thonerde und bei 30° C. gesättigtem Glaubersalz die entstandene Lösung die Fähigkeit verliert, beim Kochen Natronalaun in Krystallen auszuscheiden, so müssen die Lösungen kalt vermischt und die entstandene Flüssigkeit bei 60° C. langsam verdampft werden, um Krystalle zu erhalten. Auch das Umkrystallisiren dieser Krystalle muß mit der Vorsicht geschehen, daß man zum Lösen Wasser von nur 60° C. oder darunter anwendet und zur Erzielung großer Krystalle die Verdunstung des Wassers sehr langsam vornimmt.

Alle diese Umstände machen die Darstellung des Natronalauns unzweckmäßig und man hat bei nicht ganz eisenfreien Lösungen keine größere Garantie für seine Reinheit, als bei der später zu erwähnenden schwefelsauren Thonerde. Derselbe kann kalihaltig ausfallen, wenn das Rohmaterial, z. B. der Thon, Kali enthält oder eine durch Blutlaugensalz gereinigte eisenfreie Lösung zur Verwendung kommt. Nach Poussier soll der im Handel unter dem Namen doppelter Alaun vorkommende Natronalaun ein variirendes Gemenge von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Natron sein, welches erst durch Verwittern eine constante Zusammensetzung erhält. Das verwitterte Salz soll doppelt so viel Thonerde wie das krystallisirte Salz enthalten, aber seine Darstellung kommt höher zu stehen. Ersteres Salz stellt man nach demselben besser im Sommer, letzteres im Winter her. Bei constanter Zusammensetzung und Abwesenheit alles Eisens würde der Natronalaun vor dem Kalialaun die Vorzüge haben, daß er ein etwas geringeres Aequivalent besitzt und ohne alles Brennmaterial die concentrirtesten Lösungen giebt. Demselben läßt sich viel Kali oder Natron in warmer Lösung zusetzen, ohne daß ein bleibender Niederschlag entsteht.

Der in Südamerika, z. B. zu San Juan bei Mendoza (a) und im südlichen Peru (b) natürlich vorkommende Natronalaun hat nach Thomson folgende Zusammensetzung:

	a.	b.
Schwefelsäure	37,7	36,60
Thonerde	12,4	22,55
Natron	7,5	2,85
Wasser	42,4	39,20
	100,0	101,20

Die erste Analyse entspricht nach Rammelsberg der Formel $NaO . SO_3 + Al_2 O_3 . 3 SO_3 + 20 HO$ statt 24 HO, während die zweite Analyse auf ein Gemenge von Natronalaun mit $Al_2 O_3 . 2 SO_3 + 6 HO$ deutet.

Darstellung. Die fabrikmäßige Darstellung des Natronalauns kann auf folgende Weise geschehen:

1) Nach Poussier werden 100 Kilogr. gepulverter Kaolinthon oder sonstige Thone mit einer Lösung von 35 Kilogr. Kochsalz in 100 Kilogr. Wasser gemengt, durch Abdampfen in einer Bleipfanne theilweise von Wasser befreit und in einem dunkelrothglühenden Flammofen 4 bis 5 Centim. dick ausgebreitet. Nach etwa einstündiger Hitze wird die aus dem Ofen gezogene Masse mit ihrem doppelten Gewicht Schwefelsäure von 40° in einer Bleipfanne über mäßigem Feuer unter stetem Umrühren mit einem kupfernen Rührer erhitzt, bis sie, zum Theil fest geworden, leicht herausgenommen werden kann. Hierauf erhitzt man die gelbliche Masse bei einer Temperatur von 200 bis 250° C. in einem Flammofen so lange, bis sie weiß geworden und keine salzsauren Dämpfe mehr entläßt. Bei diesem Erhitzen entsteht schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Natron, während die gebildete Salzsäure nebst flüchtigem Eisenchlorid (vom Eisengehalt des Thones herrührend) entweicht. Man laugt die Masse in einem Bleikessel mit so viel Wasser aus, daß eine 18- bis 20grädige Lösung entsteht, welche nach dem Klären resp. bis 32 oder 35° B. abgedampft wird, je nachdem die Lufttemperatur

nicht über 12 bis 15° C. kommt, oder diese Temperatur übersteigt. Man läßt alsdann die Flüssigkeit in Bleibehältern krystallisiren und gewinnt auch aus der Mutterlauge nach weiterem Abdampfen noch Krystalle.

2) Durch Behandlung von Natronfeldspath mit Schwefelsäure läßt sich ähnlich wie aus Kalifeldspath (S. 115) Natronalaun gewinnen.

Schwefelsaure Thonerde. Eigenschaften. — Die wasserhaltige krystallisirte schwefelsaure Thonerde ($Al_2O_3 . 3SO_3 + 18HO$) enthält in reinem Zustande 15,4 Thonerde, 36,0 Schwefelsäure und 48,6 Wasser, im wasserfreien Zustande 30 Thonerde und 70 Schwefelsäure. Das wasserhaltige krystallisirte Salz bildet bei gewöhnlicher Temperatur oktaedrische Krystalle, von denen es aber zweifelhaft ist, ob die Oktaeder dem reinen alkalifreien Salze angehören. Ein bei 0° sich bildendes Salz krystallisirt sechsgliedrig-rhomboedrisch, geht bei gewöhnlicher Temperatur unter Beibehaltung der Form ins vorige über, wird aber undurchsichtig und matt und besteht im frischen Zustande aus $Al_2O_3 . 3SO_3 + 27HO$.

Das erstere krystallisirte Salz löst sich in seinem doppelten Gewichte Wasser, schmilzt beim Erhitzen im Krystallwasser und giebt das wasserfreie, im Wasser nur wieder sehr schwer lösliche Salz. Bei höherer Temperatur wird Schwefelsäure ausgetrieben; nach einstündigem Glühen bei Silberschmelzhitze in der Muffel eines Probirofens hält aber das Salz immer noch viel Schwefelsäure zurück und dieselbe läßt sich durch das stärkste Glühen nicht völlig austreiben.

Bringt man von freier Schwefelsäure freie neutrale schwefelsaure Thonerde mit Zink oder Eisen und Wasser in Berührung, so entwickelt sich nach einiger Zeit und sehr langsam Wasserstoffgas; bei Anwesenheit von freier Schwefelsäure tritt sofort eine lebhafte Gasentwicklung ein. Während eine neutrale Lösung dieses Salzes von unterschwefelsaurem Natron nicht verändert wird, so scheidet sich, wenn freie Säure vorhanden, unter Entbindung von schwefliger Säure Schwefel ab.

Darstellung. Da, wie bereits (S. 52) bemerkt, das wirksame Agens im Alaun die schwefelsaure Thonerde ist, so stellt man letztere fabrikmäßig billiger, als ersteren dar und sie kommt unter dem Namen concentrirter Alaun, kalifreier Alaun, löslicher Alaun, Aluminat in vierseitigen weißen, durchschimmernden Tafeln oder Platten von der Dicke eines Zolles und starkem Alaungeschmack, seltener krystallisirt in den Handel.

Als Rohmaterial kann man sich derselben Substanzen, wie bei Darstellung des Kalialauns, bedienen, muß dann aber die erhaltenen Laugen thunlichst von Eisen reinigen, z. B. durch Blutlaugensalz, da bei der leichten Löslichkeit und der schweren Krystallisirbarkeit des Products das Eisen auf gewöhnlichem Wege nicht abzuscheiden ist. Außerdem hat dieser Körper noch keinen allgemeineren Eingang in die Technik gefunden, weil derselbe je nach der Fabrikationsweise variable Mengen von Wasser und Säure enthält, wie die untenstehenden Analysen erweisen, und die äußere Form nicht, wie beim Alaun, Garantie für eine gleichmäßige chemische Zusammensetzung und die Reinheit giebt.

Der Kalialaun enthält 10,8, der Ammoniakalaun 11,3 Proc. Thonerde und beide geben auch bei wechselnder Concentration der Lösungen, z. B. in einer verdünnten Lösung von Harz in Soda, gleich zusammengesetzte Niederschläge zum Leimen des Papiers, während dies bei Anwendung von schwefelsaurer Thonerde des Handels nicht der Fall ist.

Analysen von schwefelsaurer Thonerde des Handels.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.
Schwefelsäure	33,178	36,24	35,95	30,6 – 36,0	38,13	6,76	38,27	35,490
Thonerde	17,820	13,91	14,25	13,0 – 15,4	15,57	—	18,78	16,940
Wasser	49,002	49,60	48,05	48—56	45,79	57,35	42,95	47,513
Kalk	Spr.	—	Spr.	—	—	—	—	—
Magnesia	—	—	Spr.	—	—	—	—	—
Chlor	—	—	Spr.	—	—	—	—	—
Schwefelsaures Kali	—	1,50	—	—	—	—	—	—
Eisenoxyd	—	—	—	—	1,15	—	—	Spr.
Kali	—	—	—	—	0,62	—	—	—
Schwefelsaure Thonerde	—	—	—	—	—	24,78	—	—
Schwefels. Eisenoxydul	—	—	—	—	—	11,10	—	—

a) Von Plympton nach Muspratt $= 2Al_2O_3 . 5SO_3 + 33HO$. b) Nach Mohr. c) Nach Richardson, mit Blutlaugensalz gereinigt. d) Nach Varrentrapp. e) Von Schwemsal, 1/4 bis 1/2 Zoll dicke Krystalle, weiß, undurchsichtig, aus concentrirter Lösung bei Frostkälte ausgeschieden, nach F. Weyand $= Al_2O_3 . 3SO_3 + 16HO$. f) Weiße, feuchte, undeutlich krystallinische, bröckliche, sehr saure Masse, schwach nach schwefliger Säure riechend, nach Wilderstein. g) Nach Pattinson in Newcastle. h) Harburger Aluminat $= 2Al_2O_3 . 5SO_3 + 34HO$.

Jacquelin fand in 10 in Frankreich im Handel vorkommenden Sorten von schwefelsaurer Thonerde 10,5 bis 40,5 schwefelsaure Thonerde, 0 bis 24,5 schwefelsaures Zinkoxyd, 0,2 bis 5,7 schwefelsaures Eisenoxydul, 0,5 bis 13,9 freie Schwefelsäure, 46,3 bis 56,8 Wasser und 0 bis 15,5 Kieselerde.

Darstellung der schwefelsauren Thonerde aus Thon mittelst Schwefelsäure. Nach den Methoden von Pattinson, Norris, Wiesmann, Bergeat u. A. wird geglühter, möglichst eisen- und kalkfreier Porzellanthon fein gemahlen, gesiebt, in einer gemauerten Pfanne mit Gewölbe mit 50grädiger Schwefelsäure (Kammersäure) gemengt, wobei eine Erwärmung eintritt, und entweder die heißen Gase von einer besonderen Feuerung oder die von einer anderen Feuerung

abziehenden Feuergase unter dem Gewölbe hingeleitet, um die Lösung unter häufigem Umrühren zu beschleunigen. Concentrirte Schwefelsäure greift den Thon weniger an. Auch kann man den Thon mit Schwefelsäure in mit Blei ausgekleideten Holzkästen bei gewöhnlicher Temperatur etwa 24 Stunden stehen lassen, worauf man die Masse in Bleipfannen noch 6 bis 8 Stunden erwärmt. Zeigt eine abfiltrirte Probe nach 24- bis 36stündiger Einwirkung beim Prüfen mit Zink oder unterschwefligsaurem Natron (S. 128) keine freie Säure mehr, so rührt man die Masse in hölzernen oder mit Blei ausgefütterten Kästen mit Wasser zu einem dünnen Brei an, läßt den Bodensatz sich absetzen und dampft die geklärte 14- bis 18grädige Lauge in gemauerten oder auf eisernen Rosten ruhenden Bleipfannen bis zu 25 bis 30° B. ab. Nachdem sich die Gaarlauge in hölzernen Fässern geklärt hat, wird sie in Bleigefäßen mittelst Wasserdampfs so weit concentrirt (bis 45° B. und mehr), daß sie nach dem Erkalten zu einer festen Masse erstarrt. Ist dieser Punkt erreicht, so gießt man die Masse auf einen bleiernen Herd oder in länglich viereckige Bleiformen zu Tafeln. Die Schlämme vom Klären fügt man entweder zu der ursprünglichen Thonmasse oder laugt sie für sich aus.

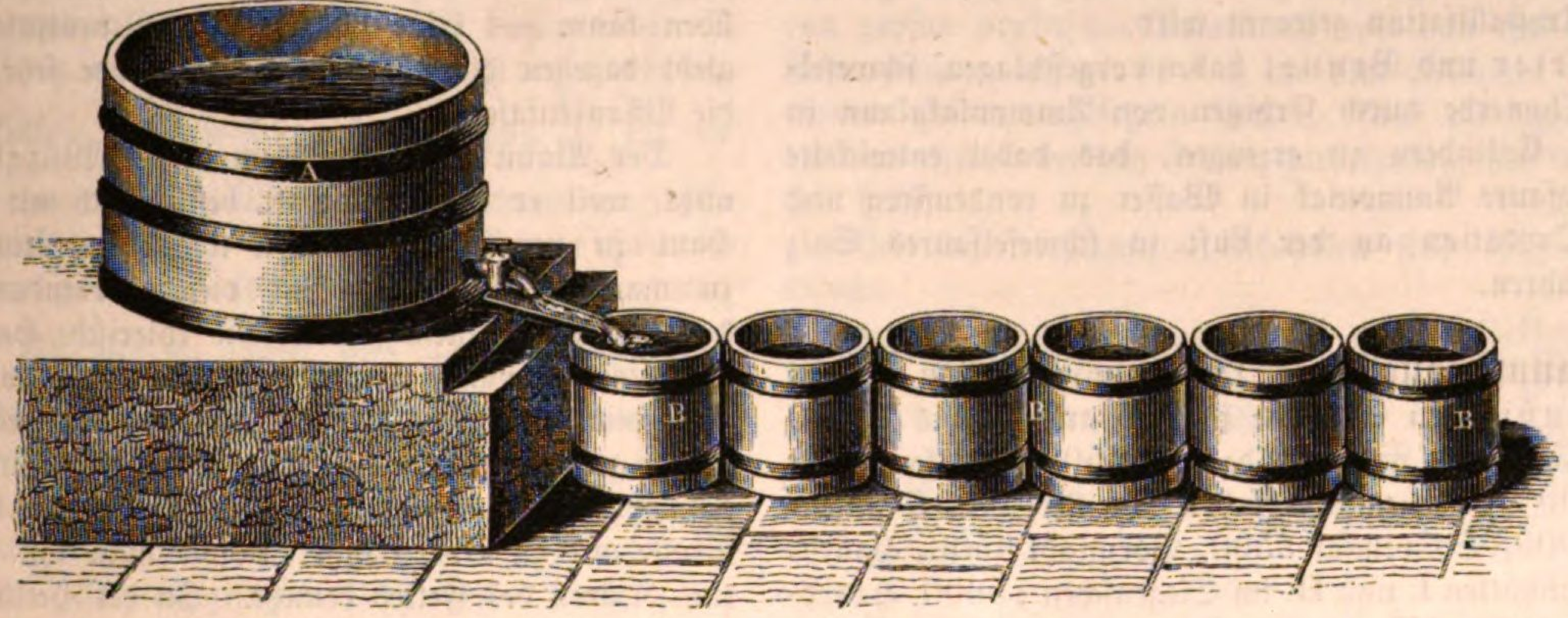
Kommen nicht völlig eisenfreie Materialien zur Verwendung, so muß, bevor die Lauge in Klärgefäße gelangt, das Eisen durch Blutlaugensalz ausgefällt werden. Andere Reagentien zur Abscheidung des Eisens, außer Blutlaugensalz, wirken auch präcipitirend auf die Thonerde. Die Lauge darf nicht zu concentrirt sein, weil sich sonst in derselben das auszufällende Berlinerblau zu schwierig absetzt. Das Fällen desselben geschieht in dem Bottich *A* (Fig. 21), von wo man, wenn sich darin eine Menge Berlinerblau abgesetzt hat, die geklärte Flüssigkeit in die hölzernen Gefäße *B* abläßt, in denen sie sich vollständig klärt. Dann wird die klare Lauge in vorhinniger Weise concentrirt.

Um namentlich bei einem größeren Eisengehalt die Kosten für das Blutlaugensalz etwas auszugleichen, muß das Berlinerblau entweder als solches benutzt oder durch Behandlung mit Aetzkali oder Aetznatronlauge wieder zum Fällen des Eisens passend gemacht werden, nachdem dasselbe vorher ausgewaschen und die Waschwasser in die Bottiche *B* gegeben sind.

Aus dem Passauer Porzellanthon erhielt Bergeat 24 Proc. Waare und der kieselerdereiche Rückstand ließ sich in Aetznatronlauge zu einer Wasserglasflüssigkeit lösen.

Das Thonerdesalz hinterläßt beim Auflösen in Wasser zuweilen einen Rückstand, welcher z. B. bei Anwendung der Aluminatsorte c folgende Bestandtheile enthielt:

Fig. 21.



Kieselerde	41,85	39,05
Thonerde	18,40	25,55
Eisenoxyd	Spr.	Spr.
Schwefelsäure	4,45	8,47
Schwefelsaurer Kalk	4,01	Spr.
Wasser	29,53	27,50

Nach Anthon läßt sich eine eisenhaltige Thonerdelösung — mag sie auf irgend welche Weise entstanden sein — dadurch von Eisen befreien, daß man feinpulverisirtes Schwefelcalcium (dargestellt durch Glühen von Gyps mit $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes Kohlenpulver) so lange in die Flüssigkeit einrührt, bis eine filtrirte Probe bei Zusatz von Ammoniak eben keinen schwarzen Niederschlag von Schwefeleisen mehr giebt. Durch den Schwefel des Schwefelcalciums wird Schwefeleisen niedergeschlagen, indem sich gleichzeitig ein Präcipitat von schwefelsaurem Kalk bildet. Setzt man mehr Schwefelcalcium als nöthig zu, so entzieht der Kalk der Lösung Schwefelsäure und es wird ein basisches Thonerdesalz gefällt. Dieses geschieht aber immer beim Eindampfen der vom Eisen gereinigten Thonerdelösung, weshalb man dabei zur Wiederauflösung dieses basischen Salzes etwas Schwefelsäure hinzufügt. Im Uebrigen verfährt man mit dem Eindampfen der Lösung, wie oben angegeben.

2) Darstellung von schwefelsaurer Thonerde aus Alaunerde.

Zu Schwemsal setzt man stark concentrirte Gutlauge (S. 92) bei starker Winterkälte der Krystallisation aus, wo dann an eingehängten Birkenreisern Krystalle von Aluminat von der oben (S. 127) angegebenen Zusammensetzung anschießen.

3) Darstellung von schwefelsaurer Thonerde aus Kryolith. Die nach S. 119 erhaltene Lösung von schwefelsaurer Thonerde wird, statt zur Alaunbereitung verwandt zu werden, eingedampft und zur Erhaltung von Tafeln des sog. concentrirten Alauns wie oben angegeben (S. 129) in Formen gegossen. Ein solches Product gab mit Blutlaugensalz und auch mit Eisenkaliumcyanid sofort einen hellblauen Niederschlag und färbte sich mit Rhodankalium rothgelb, während

Galläpfeltinctur keine Reaction gab. Danach ist der Eisengehalt als Oxydul und Oxyd vorhanden, im Allgemeinen aber gering.

Weber in Kopenhagen und Hasberg in Harburg benutzen den Kryolith auf die angegebene Weise auf Soda und kalifreien Alaun. Das Mineral kostet franco Harburg pr. Ctnr. 2½ Mark.

4) Darstellung von schwefelsaurer Thonerde aus Ammoniak oder Kalialaun.

Um beide Bestandtheile des Ammoniakalauns nutzbar zu machen, löst Frankland denselben in seinem dreifachen Gewicht Wasser auf und läßt in die Lösung ammoniakalische Dämpfe treten, welche durch Einleiten von Wasserdampf in eine Mischung von ammoniakalischem Gaswasser und Aetzkalk erzeugt werden. Dabei scheidet sich die Thonerde aus, welche, sobald die Lösung alkalisch reagirt, durch Filtriren und Auswaschen getrennt und in gewöhnlicher Weise in Schwefelsäure gelöst wird; worauf man die Lösung so weit abdampft, daß sie beim Erkalten eine starre Masse giebt. Die gebildete schwefelsaure Ammoniaklösung wird abgedampft und dabei das Salz als verkäufliches Product gewonnen.

Bei Kalialaun verfährt man ebenso, erhält aber zuletzt ein Gemisch von schwefelsaurem Ammoniak und schwefelsaurem Kali, welches als Düngesalz benutzt oder durch Krystallisation getrennt wird.

Hurier und Brunel haben vorgeschlagen, schwefelsaure Thonerde durch Erhitzen von Ammoniakalaun in eisernen Cylindern zu erzeugen, das dabei entwickelte schwefligsaure Ammoniak in Wasser zu condensiren und durch Oxydation an der Luft in schwefelsaures Salz überzuführen.

Alaunproduction. Die Alaunproduction beträgt im preußischen Staate jährlich an 60- bis 70000 Ctnr. Es liefert Freienwalde etwa 4500, Muskau 3600 bis 4300, die chemische Fabrik von Röser in Oranienburg 2000, Schwemsal 3500, Bornstädt 6500, Haardter Alaunhütten I. und II. im Siegenschen 15600, Haardter Alaunhütte III. 10000, Johannisberger Alaunhütte zu Spiech bei Köln 800 bis 900, Alaunhütte im Fürstenthum Wied 3500, Goldberger Alaunhütte 10000 Ctnr. Im Jahre 1860 wurden im preußischen Staate auf 9 Hütten (Bornstädt nicht mit inbegriffen) 67514 Ctnr. Alaun im Werthe von 228404 Thlr. producirt; an Alaunerzen förderten z. B. im Jahre 1861 Muskau 21628, Bornstädt 16573, Schwemsal 36440, Spiech 5425 und Godesberger Hütte 53209 Tonnen (1 Tonne = 3 Ctnr. etwa).

England und Schottland liefern an 10000 Tonnen, wovon auf Schottland an 4- bis 5000 Tonnen fallen. Frankreich 40000 Ctnr. Oesterreich producirte im Jahre 1860 an 32616 Ctnr. im Werthe von 185441 Fl. 38,5 Kr., davon lieferten Oesterreich unter der Ens 255, Steiermark 4251, Küstenland (Laibach) 90, Böhmen 17995, Mähren 2589 und Ungarn 7436 Ctnr. Schweden producirte im Jahre 1857 an 7146 Tonnen schwed. (in 4 Alaunhütten). Schweden und Norwegen zusammen an 20000 Ctnr., Sachsen 300, Kurhessen 350, Baiern 1000, Niederlande und Belgien 12000, Spanien 1500, Rußland 5000 Ctnr.

Anwendung. Der Alaun findet wegen der Affinität seiner Hauptbase, der Thonerde, zu Farb- und anderen organischen Stoffen eine ausgedehnte technische Anwendung in der Färberei und Kattundruckerei. Die Faser der Baumwolle, Wolle ꝛc. hat eine solche Neigung, sich mit der Thonerde oder einem basischen Salze derselben zu vereinigen, daß, wenn dieselbe in eine Alaunlösung eingetaucht wird, das basische Salz an ihr so fest anhaftet, daß es durch Waschen nicht wieder entfernt werden kann.

Das Uebertünchen der Faser der Kleiderstoffe mit solchen Thonerdesalzen bedingt, wegen ihrer Eigenschaft, sich mit denselben zu vereinigen und mit den Farbstoffen unlösliche Verbindungen oder sogenannte Farblacke zu bilden, das Anhaften größerer Mengen Farbstoffe an den aus Faserstoffen bestehenden Geweben. Sie gehören daher unter die wichtigsten der zur Befestigung der Farben dienenden sogenannten Beizmittel, für welchen Zweck jedoch eine Auflösung von neutralem Alaun dem gewöhnlichen Alaun vorzuziehen ist, da die Auflösung des letzteren, wegen der sauren Reaction, häufig Veränderungen an den gewünschten Farbenüancen hervorruft und die Thonerde nicht so leicht abgiebt, ja selbst durch die frei werdende Schwefelsäure sogar eine nachtheilige Wirkung auf das zu färbende Gewebe ausüben kann. — Eine Auflösung von neutralem Alaun giebt dagegen die überschüssige Thonerde sehr leicht an die Pflanzenfaser ab.

Der Alaun wird außerdem in der Weißgerberei benutzt, weil er die Eigenschaft besitzt, sich mit thierischer Haut zu vereinigen und den thierischen Leim haltbar zu machen; jedoch läßt sich diese Verbindung wieder durch Kalk zersetzen, so daß die thierische Haut wieder in Leim verwandelt werden kann. Ebenso dient er auch mit Leim oder Harzseife zum Leimen des Papiers und in geringer Menge ein trübes Wasser zu klären, indem basischer Alaun niederfällt, welcher die fremden vertheilten Stoffe mit zu Boden führt, sowie man ihn denn auch zum Klären des Fettes benutzt. In der Heilkunde wird der Alaun vielfach als adstringirendes Mittel innerlich angewendet, äußerlich dagegen dient er zur Zerstörung schlaffer Gewebe. Der Alaun wird ferner angewendet zum Versetzen eines schlechten Weizenmehls, in Folge dessen dasselbe ein weißeres und lockereres Brot giebt. Die Goldarbeiter brauchen eine kochend gesättigte Lösung von 2 Th. Salpeter, 1 Th. Kochsalz und 1 Th. Alaun, um die Oberfläche vergoldeter silberner Gegenstände reicher an Gold zu machen. — Giebt man zu einer Auflösung von gleichen Theilen Leim und Alaun etwas Essig und bestreicht damit Holz oder Leinwand, so werden dieselben gegen das Verbrennen geschützt, und man kann in einem dünnen hölzernen Gefäße, welches mit diesem Anstriche versehen ist, Wasser zum Kochen bringen. — Der Alaun wirkt, namentlich durch seine Zersetzung in die näheren Bestandtheile, als Düngemittel besonders beim Weinstock, bei Küchengewächsen und Zierpflanzen, vorzüglich wenn die Wurzeln gern von Insecten zerfressen werden. Levkojen, Nelken ꝛc. gedeihen deshalb sehr in alaunhaltigem Erdreich. — Hölzerne Gegenstände, Körbchen, Becher, Tassen ꝛc., mit Wollgarn beflochten und in eine Alaunlösung gehängt, überziehen sich

schön mit Alaunkrystallen. Endlich dient der Alaun mit Gyps und schwefelsaurem Kalk gemischt zum Härten desselben. Der Gyps wird nämlich in mäßig, etwa eine Hand großen Stücken gebrannt, dann einige Stunden in eine lauwarme, 12 Procent Alaun haltende Lösung gelegt und nach dem Herausnehmen und Trocknen abermals gebrannt. Der zweimal gebrannte gepulverte Gyps wird endlich mit einer 60 Th. Alaun enthaltenden Lösung angerührt und so hier und da als dem Feuer widerstehender Ueberzug verwendet, da er schon nach einer Stunde eine dem Marmor gleiche Härte annimmt.

Kerl.

Alkohol.

Der Alkohol, Weingeist, Aethylalkohol ist der Repräsentant einer großen Classe von organischen Verbindungen, die sich sämmtlich von dem Typus $\left.{H \atop H}\right\}O_2$ oder von einem Multiplum dieses Typus ableiten lassen. Die Alkohole stehen zu dem Typus $\left.{H \atop H}\right\}O_2$ in solchem Verhältniß, daß 1 Aeq. des Wasserstoffs durch 1 Aeq. eines Aetherradicals vertreten ist. In diesem Falle ist der Alkohol ein einsäuriger oder ein einatomiger. Andere Alkohole beziehen sich auf den Typus $\left.{H_2 \atop H_2}\right\}O_4$, in ihnen sind dann 2 Aeq. Wasserstoff durch ein zweibasisches Radical vertreten, der Alkohol ist zweisäurig oder zweiatomig. Endlich giebt es Alkohole, deren Typus $\left.{H_3 \atop H_3}\right\}O_6$ ist, in ihnen sind 3 Aeq. Wasserstoff durch ein dreibasisches Radical ersetzt, der Alkohol wird dadurch dreisäurig oder dreiatomig. Wird in den einsäurigen Alkoholen das zum Typus gehörende Aequivalent Wasserstoff durch ein Säureradical vertreten, so entstehen die zusammengesetzten Aetherarten, denn:

$$\underbrace{\left.{H \atop H}\right\}O_2}_{\text{Typus}} \qquad \underbrace{\left.{C_4H_5 \atop H}\right\}O_2}_{\text{Aethylalkohol}} \qquad \underbrace{\left.{C_4H_5 \atop C_4H_3O_2}\right\}O_2}_{\text{Essigsäure-Aethyläther.}}$$

Ebenso verhalten sich die zweisäurigen und dreisäurigen Alkohole:

$$\underbrace{\left.{H_2 \atop H_2}\right\}O_4}_{\text{Typus}} \qquad \underbrace{\left.{\overset{''}{C_4H_4} \atop H_2}\right\}O_4}_{\text{Glycolalkohol}} \qquad \underbrace{\left.{\overset{''}{C_4H_4} \atop 2\,(C_4H_3O_2)}\right\}O_4}_{\text{Essigsäureglycol-Aether.}}$$

$$\underbrace{\left.{H_3 \atop H_3}\right\}O_6}_{\text{Typus}} \qquad \underbrace{\left.{\overset{'''}{C_6H_5} \atop H_3}\right\}O_6}_{\text{Glycerin}} \qquad \underbrace{\left.{\overset{'''}{C_6H_5} \atop 3\,(C_4H_3O_2)}\right\}O_6}_{\text{Triacetin.}}$$

Läßt man auf diese zusammengesetzten Aether wäßriges Kali wirken, so werden die Alkohole wieder abgeschieden und es bildet sich dabei, je nachdem man einen ein-, zwei- oder dreisäurigen Alkohol hatte, ein, zwei oder drei Aequivalent eines neutralen Kalisalzes.

Am bekanntesten sind die einsäurigen Alkohole.

Von den zweisäurigen sind bis jetzt außer dem Glycolalkohol noch drei andere bekannt, die sich dadurch von ihm unterscheiden, daß das Radical jedesmal C_2H_2 mehr enthält. Sie enthalten demnach die Radicale

C_4H_4 Aethylen,
C_6H_6 Propylen,
C_8H_8 Butylen,
$C_{10}H_{10}$ Amylen.

Von den dreisäurigen Alkoholen ist das Glycerin bis jetzt der einzige Repräsentant. Das letztere ist in sofern von großer praktischer Bedeutung, als von ihm sich die Fette ableiten lassen, sie sind die dem Triacetin entsprechenden zusammengesetzten Aether. Auf die letzten werden wir später bei den Fetten zurückzukommen Gelegenheit haben.

Von den einsäurigen Alkoholen sind folgende bekannt:

Methylalkohol — Holzgeist .... $\left.{C_2H_3 \atop H}\right\}O_2$,
Aethylalkohol — Weingeist .... $\left.{C_4H_5 \atop H}\right\}O_2$,
Propylalkohol .... $\left.{C_6H_7 \atop H}\right\}O_2$,
Butylalkohol .... $\left.{C_8H_9 \atop H}\right\}O_2$,
Amylalkohol — Kartoffelfuselöl .... $\left.{C_{10}H_{11} \atop H}\right\}O_2$,
Capronylalkohol .... $\left.{C_{12}H_{13} \atop H}\right\}O_2$,
Oenanthalkohol .... $\left.{C_{14}H_{15} \atop H}\right\}O_2$,
Caprylalkohol .... $\left.{C_{16}H_{17} \atop H}\right\}O_2$,
Cetylalkohol .... $\left.{C_{32}H_{33} \atop H}\right\}O_2$,
Cerotylalkohol .... $\left.{C_{54}H_{55} \atop H}\right\}O_2$,
Melissylalkohol .... $\left.{C_{60}H_{61} \atop H}\right\}O_2$.

Allylalkohol .... $\left.{C_6H_5 \atop H}\right\}O_2$,
Benzoealkohol .... $\left.{C_{14}H_7 \atop H}\right\}O_2$,
Cuminalkohol .... $\left.{C_{20}H_{13} \atop H}\right\}O_2$,
Zimmtalkohol .... $\left.{C_{18}H_9 \atop H}\right\}O_2$.

Die Alkohole erleiden unter dem Einfluß chemischer Agentien alle gleichartige Zersetzungen. Läßt man auf Aethylalkohol leicht Sauerstoff abgebende Stoffe wirken, so treten 2 Atome Wasserstoff aus, die dabei zu Wasser

werden, und es entsteht ein Körper, den man Aldehyd genannt hat. Dieser enthält aber nicht mehr das Radical Aethyl, sondern das Radical Acetyl, welches entstanden ist, indem 2 At. Wasserstoff aus dem Aethyl ausgetreten und durch die 2 At. Sauerstoff des Alkohols ersetzt sind. Der Aldehyd gehört dann nicht mehr dem Typus $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2$, sondern dem Typus $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ an. Denn

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethylalkohol}} + \underbrace{O_2}_{\text{Sauerstoff}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Aldehyd}} + \underbrace{2HO}_{\text{Wasser.}}$$

Der Aldehyd entspricht daher dem Wasserstoff, und ebenso wie dieser durch Sauerstoff in Wasser verwandelt wird, verbindet sich auch der Aldehyd mit Sauerstoff und bildet dann die dem Wasser entsprechende Acetylsäure oder Essigsäure:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Typus}} + O_2 = \underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Typus.}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Aldehyd}} + O_2 = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Essigsäure.}}$$

Von dem Aethylalkohol ausgehend, finden wir daher eine ganze Reihe von Körpern, die im nächsten Zusammenhange mit ihm stehen. Läßt man im Alkohol Wasserstoff durch Aethyl vertreten, so entsteht Aether; im Alkohol wie im Aether ist das Radical Aethyl enthalten, welches als Aethyl-Aethyl dem Wasserstofftypus entspricht. Lassen wir auf Alkohol Sauerstoff einwirken, so entsteht der Aldehyd, oder Acetylwasserstoff, welcher durch Oxydation in Essigsäure verwandelt wird; und lassen wir in der Essigsäure das basische Aequivalent Wasserstoff durch Aethyl vertreten, was dasselbe ist, als wenn wir in dem Alkohol 1 Aeq. Wasserstoff durch 1 Aeq. Acetyl ersetzen, so erhalten wir den Essigsäureäthyläther. Denn

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Alkohol}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Aethyläther}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}}_{\text{Aethyl-Aethyl.}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Aldehyd}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Essigsäure}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Essigsäure-Aethyläther.}}$$

Alle übrigen Alkohole liefern dieselben Producte wie der Aethylalkohol. Da nun jeder einzelne dieser Körper wieder eine große Anzahl von Verbindungen eingeht, so ist die Zahl der mit den Alkoholen eng verbundenen Glieder der chemischen Verbindungen unendlich groß. Alle verhalten sich aber sehr nahezu gleich, so daß die Kenntniß des Aethylalkohols genügt, um sich ein klares Bild von allen übrigen zu machen; wir werden daher im Folgenden nur den Aethylalkohol näher berücksichtigen und diesen kurz Alkohol nennen.

Bildung des Alkohols. Der Alkohol läßt sich durch Synthese aus seinen Elementen darstellen, wie von Berthelot (1855) nachgewiesen wurde. Läßt man ölbildendes Gas — C_4H_4 —, welches z. B. bei der Destillation der Steinkohlen in großer Menge gebildet wird, von concentrirter Schwefelsäure absorbiren, so entsteht Aetherschwefelsäure, die nur mit Wasser verdünnt zu werden braucht, um bei der Destillation Alkohol zu liefern.

Der Traubenzucker spaltet sich in Berührung mit Hefe in Alkohol und Kohlensäure.

Die letztere Bildungsweise ist die zur Gewinnung des Alkohols allgemein angewandte. In jeder gegohrenen Flüssigkeit, im Bier, im Wein, im Obstwein ist Alkohol enthalten und kann aus solchen gegohrenen Flüssigkeiten durch Destillation gewonnen werden. Je nach seinem Gehalt an Alkohol nennt man dann das Destillat: absoluten Alkohol, Spiritus oder Weingeist, Branntwein und von letzterem unterscheidet man je nach seiner Bereitungsweise: Korn- und Kartoffelbranntwein, Cognac — aus Wein —, Rum — aus Zucker —, Arrac — aus Reis —; Genever, Gin, Steinhäger, Absinth 2c. sind Branntweine, denen bei ihrer Bereitung ätherische Oele zugesetzt sind; Liqueure sind mit Zucker versüßte Branntweine, die außerdem noch Farbstoffe und gewisse wohlschmeckende Substanzen enthalten.

Darstellung des reinen Alkohols. Zur Bereitung des reinen oder absoluten Alkohols bedient man sich des Spiritus, welcher im Großen dargestellt wird und in großer Reinheit in den Handel gebracht wird. Der Spiritus enthält als wesentlichen Bestandtheil 10 bis 20 Proc. Wasser durchschnittlich. In geringer Menge finden sich gewöhnlich — aber nicht immer — andere Alkohole ihm beigemischt, welche sich bei der Gährung neben dem gewöhnlichen Alkohol bilden und wenigstens spurenweise in den Spiritus mit übergehen. Diese Alkohole, die unter dem Namen Fuselöl bekannt sind, ertheilen dem Spiritus einen sehr unangenehmen Geruch, der namentlich hervortritt, wenn man eine Probe des Spiritus in einem Weinglase rasch verdunsten läßt und nach der Verflüchtigung des Alkohols den Geruch prüft. Ein geringer Gehalt an Fuselöl giebt sich dann durch einen höchst unangenehmen, zum Husten reizenden Geruch zu erkennen. Ein guter Spiritus, und nur solchen sollte man zur Bereitung des absoluten Alkohols anwenden, verflüchtigt sich aber, ohne irgend welchen Geruch zu hinterlassen.

Enthält ein Alkohol Spuren von Fuselöl, so läßt sich ihm dieses durch Behandlung mit Kohle entziehen. Man läßt ihn zu diesem Zwecke einige Tage lang mit frisch ausgeglühter Holzkohle stehen, die das Fuselöl absorbirt, und kann ihn dann davon abgießen.

Wenngleich der Alkohol einen weit niedrigeren Siedpunkt wie das Wasser hat, so läßt sich doch der Spiritus durch bloße Destillation nicht vollständig vom Wasser befreien, da dieses mit der großen Menge von Alkoholdämpfen bei jeder Temperatur gemeinschaftlich verdunstet. Man muß ihn daher mit einer Substanz in Berührung bringen, die das Wasser chemisch bindet und es bei der Temperatur, welche zur Verdampfung des Alkohols erforderlich ist, nicht wieder abgiebt. Solche sind gebrannter Kalk, geschmolzenes Chlorcalcium, wasserfreier Kupfervitriol. Der Kalk wird dabei gelöscht und verwandelt

sich in Hydrat, das Chlorcalcium und der Kupfervitriol nehmen das Wasser auf und binden es als Krystallwasser.

So groß die Affinität dieser Substanzen für das Wasser auch ist, so gelingt es doch kaum, den Alkohol durch eine einmalige Destillation völlig wasserfrei zu erhalten, weshalb diese in den meisten Fällen zweimal zu wiederholen sein wird.

Im Kleinen nimmt man die Entwässerung des Alkohols am zweckmäßigsten im Glaskolben vor, der durch ein gebogenes Rohr mit einem Kühlapparat verbunden wird. Der Kolben wird etwa zur Hälfte mit gebranntem Kalk, der vorher zu kleinen Stückchen zerschlagen ist, und dann bis höchstens drei Viertel seines Inhalts mit Spiritus von 90 Proc. Gehalt gefüllt. Den Kolben setzt man dann sofort in ein kaltes Wasserbad, verbindet ihn luftdicht mit dem Kühlapparat und läßt einige Stunden lang stehen, um die Bindung des Wassers durch den Kalk während dieser Zeit geschehen zu lassen. Alsdann erhitzt man das Wasserbad so weit, daß der Alkohol ziemlich rasch abdestillirt; es genügt dazu eine Temperatur von 80° C. Bei einigermaßen vorsichtiger Erhitzung geht die Destillation leicht und ruhig, ohne alles Spritzen von Statten und erfordert außer der Abkühlung des Condensators wenig Aufmerksamkeit. Wenn drei Viertel vom angewandten Alkohol übergegangen ist, wechselt man die Vorlage, erhitzt das Wasserbad bis zum Sieden und fängt den Rest des Destillats in einem besonderen Gefäß auf, da dieser gewöhnlich wasserhaltiger wie der erste Theil ist.

Enthielt der Spiritus Fuselöl, so wird dieses durch die Destillation mit Kalk zersetzt und zum Theil in sehr übelriechende Producte verwandelt. Man muß dann das Destillat von Neuem mit Kohle behandeln.

Zur zweiten Destillation wendet man zweckmäßig wasserfreies schwefelsaures Kupferoxyd an, welches man erhält, indem man gröblich gepulverten Kupfervitriol so weit erhitzt, bis er seine blaue Farbe verloren und weiß geworden ist. Die Entwässerung des Kupfervitriols geschieht am zweckmäßigsten in einer flachen eisernen Pfanne über kräftigem Feuer. Da eine Zersetzung des Salzes nicht zu befürchten ist, so kann die Erhitzung ziemlich weit getrieben werden. Wenn man die größeren Stückchen zerdrückt, so dürfen diese im Innern nicht mehr blau und krystallinisch, sondern weiß, ohne jede Krystallisation sein.

Das wasserfreie Salz bringt man noch warm in den Kolben, läßt es darin erkalten, übergießt es mit dem schon durch Kalk entwässerten Alkohol, schüttelt kräftig um und beginnt nach einigen Stunden die Destillation im Wasserbade, wobei man die Temperatur so erhält, daß die Destillation nicht zu rasch erfolgt. Erst zuletzt, wenn nur noch eine geringe Menge von Alkohol zurück ist, wechselt man die Vorlage und fängt den Rest in einem anderen Gefäße auf, wobei man dann die Hitze des Bades bis zum vollen Kochen steigert, um allen Alkohol zu gewinnen.

Im Kolben bleibt das schwefelsaure Kupferoxyd in pulvrigem Zustande zurück, es kann leicht heraus geschüttet werden und braucht nur wieder erhitzt zu werden, um für spätere Operationen zu dienen.

Die Darstellung des absoluten Alkohols im großen Maßstabe geschieht im Wesentlichen ganz auf dieselbe Weise, nur wendet man statt der Kolben kupferne Destillirblasen mit Kühlröhren an, erhitzt über freiem Feuer und wendet zum Entwässern Chlorcalcium an, welches man als Nebenproduct bei manchen Operationen gewinnt und welches für diesen Zweck nur durch Abdampfen eingetrocknet und geschmolzen zu werden braucht. Beim Arbeiten in Glasgefäßen vermeidet man gern die Anwendung des Chlorcalciums, weil dieses, nachdem es das Wasser aufgenommen und man den Alkohol abdestillirt hat, nach dem Erkalten feste krystallinische Massen bildet, die Stücke von geschmolzenem Chlorcalcium einschließen und sich so fest an die Wandungen anlegen, daß sie schwierig zu entfernen sind. Löst man sie in Wasser, so findet häufig eine so starke Erhitzung Statt, daß die Kolben zerspringen; außerdem dehnt sich das Chlorcalcium beim Erstarren so stark aus, daß dadurch ebenfalls ein Zerbrechen der Gefäße herbeigeführt werden kann. Beim Arbeiten mit kupfernen Blasen hat man dieses nicht zu fürchten, indem man nach beendigter Destillation sofort den Helm entfernt und die noch heiße Lösung, sammt den ungelösten Stücken mit einem Löffel aus dem Apparat entfernt und das darin Zurückbleibende durch Zusatz von heißem Wasser gleich löst. Für die Entwässerung mit gebranntem Kalk ist noch zu bemerken, daß man dazu nicht einen schwächeren Alkohol verwenden darf. Enthält nämlich der Spiritus eine größere Menge von Wasser, so wird bei dem Löschen des Kalkes so viel Wärme frei, daß die Flüssigkeit bis über den Siedpunkt erhitzt werden kann und dann von selbst eine stürmische Destillation eintritt, wobei nicht selten die Flüssigkeit unter starkem Aufwallen aus dem Gefäße geschleudert wird.

Es sind außerdem noch zwei andere Methoden zur Darstellung des absoluten Alkohols bekannt, die aber fast ausschließlich wissenschaftliches Interesse haben. Die eine derselben wurde von Sömmering entdeckt und beruht auf einer Eigenschaft thierischer Membranen, welche darin besteht, daß sie für Alkohol undurchdringlich sind, während sie Wasser leicht auffaugen. Bringt man daher Weingeist in eine Ochsenblase, die vorher von Fett sorgfältig gereinigt ist, und verschließt diese luftdicht, so wird sie das im Weingeist enthaltene Wasser auffaugen und an ihrer Oberfläche abdunsten lassen. In dem Maße, wie der Alkohol dabei sein Wasser verliert, wird die Blase trocken werden und schließlich nur noch absoluten Alkohol enthalten.

Die andere Methode ist von Graham angegeben. Man bringt ein flaches Gefäß mit Weingeist neben eine Schale mit gebranntem Kalk unter die Glocke einer Luftpumpe und pumpt so lange, bis der Alkohol unter dem verminderten Druck zu sieden beginnt. Alsdann sperrt man die Hähne der Pumpe ab. Die Glocke ist mit einem Gemisch von Alkoholdampf und Wasserdampf gefüllt. Der Wasserdampf wird von dem gebrannten Kalk absorbirt. In den völlig ausgetrockneten Dampf verdunstet eine neue Menge von Wasser. Alkohol kann nicht mehr verdampfen, da der Raum völlig mit Alkoholdampf erfüllt ist. Das Wasser wird sofort wieder vom Kalk aufgenommen und so fort, bis zuletzt reiner Alko-

hol zurückbleibt. Diese Art der Entwässerung erfordert jedoch lange Zeit, es dauert, um das specifische Gewicht eines Alkohols von 0,827 auf 0,796 zu bringen, im Sommer 5 Tage, im Winter noch länger.

Eigenschaften. Der absolute Alkohol ist eine wasserhelle, sehr bewegliche Flüssigkeit, von angenehmem Geruch, scharfem, brennendem Geschmack. Er hat 0,792 spec. Gew. bei 20°, 0,7939 bei 15,5°, 0,8095 bei 0° nach Kopp; nach Drinkwater 0,793811 bei 15,5°. Der absolute Alkohol erstarrt nicht bei den höchsten Kältegraden, die man durch ein Gemisch von fester Kohlensäure und Aether herstellen kann. Bei — 90 bis 100° wird er dickflüssig und fließt wie geschmolzenes Wachs. Der Alkohol wird daher zur Anfertigung von Thermometern, die zur Ermittlung hoher Kältegrade dienen sollen, benutzt. Wasserhaltiger Alkohol gefriert um so leichter, je mehr Wasser er enthält.

Der reine Alkohol ist sehr hygroskopisch. Er absorbirt, in schlecht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt, Wasser aus der Luft. Organischen Geweben entzieht er leicht Wasser und bewirkt dadurch in den Organismus gebracht augenblicklichen Tod. Manchen krystallisirten Salzen entzieht er einen Theil ihres Krystallwassers. Mit Wasser ist er in allen Verhältnissen mischbar. Das Volum einer Mischung von Alkohol und Wasser ist nicht gleich der Summe der Volume, sondern immer geringer. Es findet mithin eine Contraction Statt, die am größten bei einer Mischung von 52,3 Vol. Alkohol und 47,7 Vol. Wasser ist. Die Mischung nimmt bei 15° C. nicht 100 Vol., sondern nur 96,23 Vol. ein, es hat mithin eine Contraction von 3,77 Volumproc. stattgefunden. Es entspricht diese Mischung nahezu 1 Aeq. Alkohol auf 3 Aeq. Wasser. Bei größerem Wassergehalt ist die Contraction geringer, sie ist z. B. ganz gleich in Mischungen, welche 70 Proc. und 40 Proc. Alkohol enthalten, in beiden Fällen beträgt sie 3,44 Proc. Mischungen von absolutem Alkohol und Wasser zeigen daher unter allen Umständen Contraction. Mischt man aber Wasser mit einem Weingeist, in dem schon die größte Contraction stattgefunden hat, so findet statt der Contraction eine Expansion Statt.

Die nachfolgende Tabelle, nach Versuchen von Gay-Lussac von Rudberg berechnet, giebt die Contraction an, welche eine Mischung von dem in den ersten Columnen bezeichneten Alkoholgehalt erlitten hat.

Volumprocente von absolutem Alkohol in einer Mischung bei 15° C.	Contraction in Procenten des Volumens der Mischung.	Volumprocente von absolutem Alkohol in einer Mischung bei 15° C.	Contraction in Procenten des Volumens der Mischung.
100	0,00	50	3,74
95	1,18	45	3,64
90	1,94	40	3,44
85	2,47	35	3,14
80	2,87	30	2,72
75	3,19	25	2,24
70	3,44	20	1,72
65	3,61	15	1,20
60	3,73	10	0,72
55	3,77	5	0,31

Beim Vermischen des Alkohols mit Wasser wird Wärme frei. Mischt man aber Eis oder Schnee mit Alkohol, so tritt eine bedeutende Temperaturerniedrigung ein, indem der Schnee oder das Eis dem Alkohol die latente Wärme entzieht, die erforderlich ist, um Schnee oder Eis schmelzen zu machen. In einer Mischung von 1 Th. Schnee und 2 Th. absolutem Alkohol sinkt die Temperatur, wenn beide vorher 0° zeigten, auf — 21°.

Der reine Alkohol siedet bei 78,4° C. Mischungen von Alkohol und Wasser haben einen höheren Siedpunkt, der sich um so mehr dem des Wassers nähert, je verdünnter der Alkohol ist. Wäßrige Alkohollösungen zerfallen dabei in stärkeren Alkohol, der sich verflüchtigt, und in schwächeren, der zurückbleibt. Durch fortgesetztes Kochen kann man allen Alkohol abdestilliren, während ein alkoholfreier Rückstand verbleibt. Hierauf beruht die Gewinnung des concentrirten Alkohols aus den verdünnten Lösungen, in denen er durch Gährung gebildet ist. Destillirt man z. B. ein Gemisch von 1 Th. absolutem Alkohol und 15 Th. Wasser, welches also 6,7 Proc. enthält, und wechselt jedesmal die Vorlage, sobald 2 Proc. von der Gesammtmenge der Flüssigkeit übergegangen ist, so enthält die erste Probe 60 Proc., die zweite 54 Proc., die dritte 48 Proc., die vierte 42 Proc., die fünfte 36 Proc., die sechste 30 Proc., die siebente 24 Proc., die achte 18 Proc., die neunte 12 Proc., die zehnte 6 Proc. Alkohol.

Bei der Destillation eines sehr concentrirten Alkohols, der nur 2 bis 3 Proc. Wasser enthält, findet das Entgegengesetzte Statt. Hier geht zuerst ein wasserreicheres Destillat über und es kommt später absoluter Alkohol. Dieses beruht darauf, daß die geringe Menge von Wasser in dem trocknen Alkoholdampf abdunstet. Man hat deshalb empfohlen, bei der Rectification des absoluten Alkohols das zuerst Uebergehende besonders aufzufangen. Dieses ist aber unnöthig, sobald man ihn über Substanzen destillirt, die das Wasser chemisch zu binden vermögen.

Mischungen von Alkohol und Wasser sieden nach Gröning bei folgenden Temperaturen:

Gehalt der Flüssigkeit an Alkohol. Proc.	Siedpunkt ° C.	Gehalt der Flüssigkeit an Alkohol. Proc.	Siedpunkt ° C.
5	96,3	55	82,2
10	92,9	60	81,9
15	91,0	65	81,5
20	89,1	70	80,9
25	87,5	75	80,3
30	86,2	80	79,7
35	85,0	85	79,4
40	84,1	90	79,0
45	83,4	95	78,4
50	83,1		

Die elastische Kraft, Spannkraft, Tension des Alkoholdampfes aus Alkohol von 0,813 spec. Gew. entspricht nach Ure bei verschiedenen Temperaturen einem Quecksilberdruck von:

Temperatur nach Fahrenheit.	Temperatur nach Celsius.	Tension des Alkoholdampfes in engl. Zollen.	Temperatur nach Fahrenheit.	Temperatur nach Celsius.	Tension des Alkoholdampfes in engl. Zollen.	Temperatur nach Fahrenheit.	Temperatur nach Celsius.	Tension des Alkoholdampfes in engl. Zollen.
32°	0°	0,40	135°	57,2°	12,15	216°	102,2°	72,20
40	4,8	0,56	140	60,0	13,90	220	104,4	78,50
45	8,2	0,70	145	62,8	15,95	225	107,2	87,50
50	10	0,86	150	65,5	18,00	230	110,0	94,10
55	12,8	1,00	155	68,3	20,30	232	111,1	97,10
60	15,5	1,23	160	71,1	22,60	236	113,3	103,60
65	18,3	1,49	165	73,8	25,40	238	114,4	109,90
70	21,1	1,76	170	76,7	28,30	240	115,4	111,24
75	23,3	2,10	173	78,3	30,00	244	117,8	118,20
80	26,7	2,45	178,3	81,3	33,50	247	119,4	122,10
85	29,4	2,93	180	82,2	34,73	248	120,0	126,10
90	32,2	3,40	182,3	83,5	36,40	249,7	120,9	131,40
95	35	3,90	185,3	85,2	39,90	250	121,1	132,30
100	37,8	4,50	190	87,7	43,20	252	122,2	138,60
105	40,5	5,20	193,3	89,6	46,60	254,3	123,5	143,70
110	43,3	6,00	196,3	91,2	50,10	258,6	125,9	151,60
115	46,1	7,10	200	93,3	53,00	260	126,6	155,20
120	48,9	8,10	206	96,7	60,10	262	127,7	162,40
125	51,7	9,25	210	98,8	65,00	264	128,9	166,10
130	54,4	10,60	214	101,1	69,30			

Die Dampfdichte des Alkohols ist nach Gay-Lussac 1,613, sie berechnet sich bei einer Condensation auf 4 Vol. zu 1,591. Die specifische Wärme ist nach Kopp 0,615.

Die Ausdehnung des Alkohols ist nach Kopp, wenn sein Volum bei 0° = 1,0000 genannt wird:

bei 0°	1,0000
10	1,0105
20	1,0213
30	1,0324
40	1,0440
50	1,0562
60	1,0691
70	1,0828
80	1,0974

Das Umgekehrte der Ausdehnung tritt beim Sinken der Temperatur ein; nennt man das Volum beim Siedpunkt 1,0000, so ist das Volum bei niedrigeren Temperaturen um ein Entsprechendes geringer. Diese Volumina wurden von Gay-Lussac und Isidore Pierre für je 5 Grade abwärts vom Siedpunkt bestimmt, sie betragen:

Grade unter dem Siedpunkt.	Nach Gay-Lussac. Siedpunkt 78,4°.	Nach Isidore Pierre. Siedpunkt 78,3°.
0	1,0000	1,0000
5	0,9944	0,9938
10	0,9886	0,9878
15	0,9825	0,9819
20	0,9757	0,9761
25	0,9708	0,9703
30	0,9653	0,9646
35	0,9603	0,9590
40	0,9543	0,9536
45	0,9491	0,9482
50	0,9440	0,9429
55	0,9390	0,9377
60	0,9340	0,9325
65	0,9293	0,9275
70	0,9245	0,9225
75	0,9199	0,9145
80	—	0,9098
90	—	0,9009
100	—	0,8924
110	—	0,8841
120	—	0,8761
130	—	0,8683
140	—	0,8606

Der Alkohol löst oder absorbirt eine große Zahl von Gasen. Es ist dies seit langer Zeit bekannt, aber erst in neuester Zeit wurde dieser Gegenstand absolut genauen Untersuchungen unterworfen, wozu die von Bunsen entdeckte Methode die Veranlassung gab. Das Volumen eines auf die Temperatur von 0° und 760 M.-M. Luftdruck reducirten Gases, welches von einem Volum Flüssigkeit absorbirt wird, nennt man den Absorptionscoefficienten des Gases. Dieser ist für jedes einzelne Gas und bei den meisten Gasen bei verschiedenen Temperaturen ein anderer. Die Resultate der Versuche ergeben, daß 1 Vol. Alkohol folgende Gasvolumina von 0° unter 760 M.-M. Druck absorbirt:

° C.	Stickstoffgas.	Wasserstoffgas.	Sauerstoffgas.	Kohlenoxydgas.	Kohlensäuregas.	Grubengas.	Oelbildendes Gas.	Stickoxydulgas.	Stickoxydgas.	Schwefligsäuregas.	Schwefelwasserstoffgas.
0	0,12634	0,06925	0,28397	0,20443	4,3295	0,52259	3 5950	4,1780	0,31606	327,80	17,891
2	0,12553	0,06896			4,1466	0,51691	3,4823	4,0409	0,30928	295,34	16,606
4	0,12476	0,06867	Bei allen Temperaturen constant.	Bei allen Temperaturen constant	3,9736	0,51135	3,3750	3,9085	0,30290	265,33	15,373
6	0,12405	0,06839			3,8105	0,50590	3,2732	3,7811	0,29690	237,77	14,193
8	0,12338	0,06813			3,6573	0,50057	3,1768	3,6585	0,29130	212,67	13,066
10	0,12276	0,06786			3,5140	0,49535	3,0859	3,5408	0,28609	190,02	11,992
12	0,12219	0,06761			3,3807	0,49024	3,0005	3,4279	0,28127	169,82	10,971
14	0,12166	0,06737			3,2573	0,48525	2,9205	3,3200	0,27685	152,08	10,003
16	0,12119	0,06713			3,1438	0,48037	2,8459	3,2169	0,27281	136,79	9,088
18	0,12076	0,06690			3,0402	0,47561	2,7768	3,1187	0,26917	123,95	8,225
20	0,12038	0,06668			2,9465	0,47096	2,7131	3,0253	0,26592	113,56	7,415
22	0,12005	0,06646			2,8628	0,46642	2,6549	2,9368	0,26306	105,63	6,659
24	0,11976	0,06626			2,7890	0,46199	2,6022	2,8532	0,26060	100,15	5,955
25	0,11964	0,06616			2,7558	0,45982	2,5778	2,8133	0,25951	98,33	5,623

Der Alkohol hat ein großes Lösungsvermögen. Von den einfachen Stoffen nimmt er Jod, Phosphor, Schwefel auf, die aus concentrirten Lösungen sich beim Erkalten krystallinisch abscheiden. Die gesättigte Lösung von Jod in Alkohol ist die Jodtinctur der Pharmakopöen. Bei längerer Aufbewahrung wirkt das Jod zersetzend auf den Alkohol unter Bildung von Jodwasserstoffsäure und anderen Verbindungen. Von den unorganischen Salzen sind nur die in Alkohol löslich, welche auch leicht in Wasser löslich sind. Von organischen Verbindungen löst er viele in Wasser unlösliche, so namentlich Harze, Farbstoffe, ätherische Oele und manche Fette, die Fettsäuren, Kohlenwasserstoffe. Salpetersaure Magnesia, Chlorcalcium, Zinkchlorid, Zinnchlorid, Eisenchlorid, Eisenchlorür, salpetersaurer Kalk, Manganchlorür, Aetzbaryt lösen sich in absolutem Alkohol und gehen damit krystallisirende Verbindungen ein, die zuerst von Graham studirt und Alkoholate genannt wurden. Der Alkohol scheint in diesen Verbindungen die Stelle des Krystallwassers zu vertreten. Die Alkoholate enthalten auf 1 Aeq. Salz 1, 2 oder 3 Aeq. Alkohol. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß der Alkohol darin auf eine andere Weise gebunden enthalten ist, denn beim Erwärmen giebt keines dieser Salze wieder Alkohol ab, sondern nur Zersetzungsproducte desselben, Kohlenwasserstoffe.

Zersetzungen. Der Alkohol zerfällt, wenn man ihn in Dampfform durch ein schwach glühendes, mit Bimsteinstückchen gefülltes Rohr leitet, in Kohlenoxydgas, Wasserstoff, Wasser, Sumpfgas, ölbildendes Gas, Naphtalin, brenzliche Oele und Kohle. Bei einer Temperatur unter 300° findet noch keine Zersetzung Statt. Bei ganz schwacher Glühhitze bildet sich vorzugsweise Sumpfgas, Kohlenoxyd und Wasserstoff; in dem Maße, wie die Hitze gesteigert wird, nimmt die Bildung des Naphtalins zu, die bei Weißgluth am höchsten ist.

Durch den elektrischen Strom wird der absolute Alkohol kaum zersetzt, da er dem Durchgange des Stromes die größten Hindernisse entgegensetzt. Am negativen Pole entwickelt sich dabei nur sehr wenig Wasserstoffgas, am positiven Pole wird kein Gas frei. Wasserhaltiger Alkohol leitet den Strom besser, es bildet sich dabei am positiven Pole Aldehyd, Essigsäure ꝛc.

Kalium und Natrium lösen sich unter Wasserstoffentwicklung im absoluten Alkohol und bilden krystallinische Verbindungen, die Kalium- oder Natrium-Aethylat oder Alkoholat genannt sind. Sie unterscheiden sich vom Alkohol dadurch, daß sie an der Stelle des einen Aequivalents typischen Wasserstoffs eines der beiden Metalle enthalten. Beim Vermischen mit Wasser zerfallen sie in Kali, resp. Natron und Alkohol.

Sauerstoff oder atmosphärische Luft wirkt direct nicht auf Alkohol ein. Verdünnte alkoholische Flüssigkeiten, die ein Ferment enthalten, Wein, Bier, Würze gehen unter Aufnahme von Sauerstoff in Essigsäure über; verdünnter Weingeist, mit Essigsäure vermischt, in dünnen Schichten der Luft ausgesetzt, verwandelt sich in Essigsäure, wobei der vorhandene Essig als Ferment wirkt (Essigfabrikation). Poröse Körper, Platinschwamm ꝛc., mit Alkoholdampf unter Zutritt der Luft in Berührung, führen eine langsame Verbrennung herbei, deren Producte Aldehyd und Essigsäure sind. Erhitzt man solche Körper, so findet eine weitergehende Verbrennung Statt. Eine Spirale von Platindraht, die man in der Flamme einer Spirituslampe zum Glühen erhitzt und unmittelbar über dem Docht befestigt hat, fährt fort zu glühen, nachdem man die Flamme vorsichtig verlöscht hat, und bleibt glühend, so lange der Docht noch Alkoholdampf abgiebt.

Alle Substanzen, welche leicht Sauerstoff abgeben, wirken mehr oder weniger heftig auf den Alkohol. Chromsäure erhitzt sich damit bis zur Entflammung und vollständigen Verbrennung des Alkohols. Verdünnte Schwefelsäure und Braunstein liefern bei der Destillation mit Alkohol vorzugsweise Aldehyd. Salpetersäure giebt Salpeteräther (S. 28) und Oxydationsproducte, Ameisensäure, Essigsäure, Oxalsäure ꝛc. (S. 31). Bei Gegenwart von salpetersaurem Silberoxyd entsteht bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Alkohol knallsaures Silberoxyd.

Chlor wird vom Alkohol mit Begierde absorbirt. In wasserfreien Alkohol geleitet, bringt jede Gasblase Entzündung in der Flüssigkeit unter Abscheidung von Kohle hervor. Bei starker Abkühlung oder bei der Einwirkung auf wäßrigen Alkohol werden eine große Reihe von Substitutionsproducten und Verbindungen, die wieder durch Chlor zersetzt werden, gebildet. Es entstehen

dabei gleichzeitig oder nach einander Aldehyd, Chloral, Chloräthyl, Essigsäure, Essigäther; in jedem derselben kann wieder Wasserstoff durch Chlor vertreten werden, so daß man je nach der Länge der Einwirkung die verschiedensten Producte erhält, von denen jedoch das Chloral in größter Menge sich bildet.

Brom wirkt ganz ähnlich wie Chlor. Jod dagegen weit weniger energisch, erst nach langer Zeit findet eine Einwirkung Statt. In Alkali enthaltendem Alkohol wird bei der Behandlung mit Chlor, Brom oder Jod die dem Chloroform entsprechende Verbindung gebildet.

Schwefelsäure mit Alkohol gemischt und gelinde erwärmt bildet Aetherschwefelsäure (S. 23) und diese mit einem Ueberschuß an Alkohol auf 130° erhitzt bildet Aether. Ein Ueberschuß von Schwefelsäure und stärkere Erhitzung wirkt zersetzend auf die Aetherschwefelsäure und es entsteht ölbildendes Gas C_4H_4, Aethylen. Wasserfreie Schwefelsäure (Schwefelsäureanhydrid) bildet bei der Einwirkung auf Alkohol Aethionsäure und Isäthionsäure. Phosphorsäure verhält sich ähnlich wie Schwefelsäure.

Chlorwasserstoffsäure bildet Chloräthyl. Geringe Mengen von Salzsäure bilden beim Erwärmen mit Alkohol unter hohem Druck Aether (S. 22).

Branntweinbrennerei, Spiritusfabrikation. Die Flüssigkeiten, welche als Branntwein oder Spiritus bezeichnet werden, enthalten als wesentlichen Bestandtheil Alkohol und zwar nennt man sie Branntwein, sobald der Alkoholgehalt 40 bis 50 Proc. beträgt, Spiritus wenn sie mehr Alkohol enthalten; jedoch ist der Alkoholgehalt des in den Handel gebrachten Spiritus selten unter 75 Proc. und selten über 90 Proc.

Der Alkohol bildet sich, wie oben erwähnt, bei der Gährung des Zuckers und dieses ist bis jetzt die einzige Methode, nach der er technisch dargestellt werden kann. Die andere Methode, die Synthese des Alkohols aus ölbildendem Gase und Wasser, durch Vermittlung der Schwefelsäure, hat sich vorläufig im Großen als unausführbar erwiesen, da die Gewinnung des ölbildenden Gases, selbst durch Destillation der Steinkohlen, noch zu theuer ist. Unwahrscheinlich ist es aber durchaus nicht, daß es mit der Zeit gelingen wird, die Bereitung dieses Gases so zu vervollkommnen, daß ein wirklicher Mineralspiritus hergestellt werden wird. In neuester Zeit ist allerdings in Frankreich und Belgien der Versuch im Großen durchgeführt und man hat Kostenberechnungen veröffentlicht, nach denen, wenn sie sich bewahrheiten sollten, allerdings das Problem gelöst wäre; vorläufig erfährt man aber von den wirklich erzielten Resultaten nichts Näheres.

Eine Reihe von organischen Verbindungen lassen sich durch Einwirkung chemischer Agentien mehr oder weniger leicht in Zucker überführen. Es gehört hierher das Stärkemehl, das Inulin, die Holzfaser ꝛc., die in der Natur in größeren Mengen vorkommen und sich leichter gewinnen lassen, wie der Zucker; man wendet daher diese ganz vorzugsweise zur Alkoholbereitung an. Nicht allein reiner Zucker, reine Stärke können in Alkohol verwandelt werden, sondern man kann diese Stoffe in dem Zustande verwenden, wie sie uns die Natur liefert, und häufig ist das Zusammenvorkommen mit anderen Stoffen gerade erwünscht. Mit einem Worte, zur Spiritusfabrikation kann jeder Körper dienen, dessen Bestandtheile auf leichte Weise in Zucker umzusetzen sind. Dieser Umwandlung in Zucker stellen sich aber so mancherlei Schwierigkeiten in den Weg, daß nur gewisse dieser Substanzen mit Vortheil zu verarbeiten sind, und hiernach kann man die Rohstoffe der Spiritusfabrikation in drei große Classen theilen, nämlich 1) stärkemehlhaltige Stoffe, 2) zuckerhaltige Stoffe und 3) solche, die schon fertig gebildeten Alkohol enthalten.

Zu den stärkemehlhaltigen Stoffen gehören alle Körner der Getreidearten und der Mais, die Kartoffeln und diesen schließt sich der Topinambur oder die Erdäpfel (Helianthus tuberosus) an, der zwar kein Stärkemehl aber das zwischen diesem und dem Zucker stehende Inulin enthält. Von anderen stärkemehlhaltigen Stoffen wird noch der Reis auf Alkohol verarbeitet und liefert den in Ostindien fabricirten Arrak; bei uns wird es wohl nur selten lohnend sein, den Reis zu verwenden, dagegen können unter Umständen die bei der Enthülsung und Schälung des importirten Reises gewonnenen Abfälle benutzt werden.

Von den zuckerhaltigen Stoffen sind für die Spiritusfabrikation die Zuckerrüben am wichtigsten, es werden außerdem benutzt Möhren, Zuckerhirse (Sorghum saccharatum), Krapp, verschiedene Früchte und Beeren, Rübenzuckersyrup und endlich Rohrzuckersyrup, aus dem in Westindien der Rum gemacht wird. Von den Früchten werden Zwetschen und Kirschen in großen Quantitäten verarbeitet. Aus ersteren stellt man in den slawischen Ländern und auch in den Erzherzogthümern Ober- und Niederösterreich den Slivowitz und aus den Kirschen vorzüglich in der Schweiz, Baden, auf dem Schwarzwalde den Kirschgeist oder das Kirschwasser dar.

Endlich alkoholhaltige Rohstoffe sind Wein und Weintreber, die in weinreichen Gegenden auf Branntwein verarbeitet werden können. Das Destillat des Weins ist der Cognac.

Welchen dieser Stoffe man verwende, hängt von mannigfachen Umständen ab. Fabricirt man einen als Getränk zu verwendenden Branntwein, so muß dabei der Geschmack der Consumenten berücksichtigt und dem Getränk ein Aroma gegeben werden, welches nur aus bestimmten Rohstoffen erzielt werden kann. Bei der Spiritusfabrikation, wo es sich nur um die Gewinnung einer alkoholreichen Flüssigkeit handelt, würde man sich für den Rohstoff entscheiden, in welchem man eine Gewichtseinheit Stärkemehl oder Zucker für den billigsten Preis kaufen oder produciren kann, wenn nicht in manchen Ländern gesetzliche Vorschriften entweder permanent oder nur ausnahmsweise manche Stoffe ganz ausschlössen oder doch ihre Verwendung nicht mehr lohnend machten. Diese gesetzlichen Vorschriften sind entweder zur Sicherung einer Zollrevenüe erlassen und diese werden unten in einem besonderen Abschnitte erwähnt werden, oder sie bezwecken in Jahren von Mißernten, durch Verbot der Verwendung von Kornfrüchten, eine unnöthige Steigerung des Preises der Lebensmittel zu verhüten. Endlich kommt noch hin-

zu, daß der aus gewissen Rohstoffen producirte Spiritus einen höheren Marktpreis hat, so wird z. B. Getreidespiritus stets etwas höher bezahlt wie Kartoffelspiritus, weil die spätere Verwendung des ersteren durch seinen angenehmeren Geruch und Geschmack erleichtert wird. Weniger als erforderlich ist, wird jetzt noch ein Punkt berücksichtigt, und dieses ist der verschiedene Werth der als Nebenproduct gewonnenen Rückstände. Auf die Verwerthung dieser Rückstände ist nun unter Umständen die ganze Rentabilität der Fabrikation basirt und dennoch sind viele Spiritusfabrikanten, die zugleich Landwirthe sind, sich durchaus nicht darüber einig, ob sie den Rückständen von Getreide oder Kartoffeln den Vorzug geben sollen. Eine bestimmte Angabe, um wieviel werthvoller die Rückstände von Getreide oder Kartoffeln sind, wissen sich Wenige zu machen, obgleich sie keinen Augenblick anstehen, Körner und Knollen als solche auf sogenannten Heuwerth zu reduciren.

Die einzelnen Operationen der Fabrikation sind natürlich sehr verschieden, je nach den Rohstoffen, mit welchen man arbeitet. Bei der Bereitung des Weinbranntweins ist nur eine Destillation erforderlich, um den im Wein enthaltenen Alkohol von der größten Menge des Wassers zu trennen. Bei Zuckerlösungen muß der Destillation die Gährung vorangehen und dieser bei Rüben, Zuckerhirse ꝛc. die Gewinnung des Saftes. Bei stärkemehlhaltigen Substanzen muß die Stärke erst in Zucker verwandelt werden, worauf dieser zur Gährung kommt.

Die Umwandlung der Stärke in Zucker wird durch den Maischproceß erreicht. Die dabei gewonnene Flüssigkeit nennt man Würze oder Maischwürze, die ungelöst beibenden Theile der Rohstoffe sind die Treber, das gesammte Product des Maischprocesses, die Würze mit den darin vertheilten Trebern, wird die Maische genannt.

Die Maische oder die Maischwürze wird durch ein Ferment in Gährung gebracht. Nach beendigter Gährung ist die Maische weingaar.

Aus der weingaaren Maische gewinnt man bei der Branntweinbrennerei zunächst ein schwaches alkoholisches Destillat, Lutter, und dieser wird durch Rectification in Branntwein von erforderlicher Stärke verwandelt, wobei der später übergehende Theil den Nachlauf bildet. Bei der Spiritusfabrikation werden jetzt allgemein Apparate angewandt, welche gleich in einer Operation verkäuflichen Spiritus liefern, so daß die Verarbeitung des Lutters wegfällt. Der bei der Destillation der weingaaren Maische nach dem Abtreiben des Lutters oder des Spiritus verbleibende Rückstand ist die Schlempe.

Es zerfällt demnach die Alkoholgewinnung aller stärkemehlhaltigen Stoffe in drei große Abschnitte: das Maischen, die Gährung und die Destillation, und diese wollen wir zunächst vom wissenschaftlichen Standpunkte näher betrachten.

Das Maischen. Stärkemehl kann auf verschiedene Weise in Zucker verwandelt werden, durch Einwirkung von Säuren, durch Behandlung mit einem eigenthümlichen, bei dem Keimen der Getreidekörner sich bildenden Körper, der Diastase, durch die Zersetzung von Kleber, durch Speichel, durch verschiedene Säfte des Organismus.

Kocht man Stärke mit Wasser zu Kleister, fügt so viel Schwefelsäure hinzu, daß die Flüssigkeit ungefähr 2 Proc. davon enthält, und erhitzt weiter, so erhält man bald eine fast klare Lösung. Diese enthält zunächst eine Modification der Stärke, das sogenannte lösliche Stärkemehl, welches noch die Eigenschaft der Stärke, sich mit Jodlösung blau zu färben, beibehält. Bei weiterem Erhitzen tritt eine Zersetzung der Stärke ein, die Flüssigkeit färbt sich auf Zusatz von Jod nicht mehr blau, sondern weinroth, und sie enthält dann Stärkegummi oder Dextrin. Durch noch längeres Kochen wirkt die Säure auf das Dextrin, Jodlösung bringt dann keine Färbung mehr hervor (abgesehen von der gelblichen Farbe des gelösten Jods) und das Dextrin ist in Zucker verwandelt. Das Product ist nicht der gewöhnliche Rohrzucker, sondern eine andere Zuckerart, die man Traubenzucker nennt, und neben diesem findet sich stets ein dritter Zucker, der Fruchtzucker. Der Traubenzucker und der Fruchtzucker haben gleiche Zusammensetzung, die durch die Formel $C_{12}H_{12}O_{12}$ ausdrückbar ist. Das Gemenge der beiden Zuckerarten, welche gleichzeitig gebildet werden, nennt man Invertzucker. Wenn wir im Folgenden von der Umwandlung der Stärke in Zucker reden, so ist hierunter immer der Invertzucker, nicht Rohrzucker zu verstehen.

Die Einwirkung der Säure auf die Stärke ist ein Vorgang, den wir nicht zu erklären vermögen. Die Schwefelsäure — Salzsäure verhält sich ebenso — bleibt dabei völlig unverändert, sie kann nach vollendeter Zuckerbildung gänzlich wieder aus der Lösung abgeschieden werden. Aber durch den Einfluß der Säuren wird die Stärke in der Art verändert, daß sie 2 Aeq. Wasser aufnimmt. Die Zusammensetzung der Stärke entspricht der Formel $C_{12}H_{10}O_{10}$, die des Zuckers der Formel $C_{12}H_{12}O_{12}$.

Die vollständige Umwandlung der Stärke in Zucker durch Säuren erfordert lange Zeit. Bei einer 2procentigen Säure ist es erforderlich, wenigstens 24 Stunden lang zu kochen. Nimmt man die Operation aber in geschlossenen Gefäßen vor, also unter erhöhetem Druck, so bewirkt die erhöhete Temperatur und der gesteigerte Druck in viel kürzerer Zeit dasselbe, was beim Kochen ohne stärkere Spannung erst in viel längerer Zeit erreicht wurde.

In neuerer Zeit ist die Anwendung der Schwefelsäure für die Spiritusfabrikation vielfach empfohlen worden. Bei der Verarbeitung von Korn und Kartoffeln wird sie aber wohl nicht so leicht im Großen Verwendung finden, da sie die Schlempe als Futtermittel unbrauchbar macht. Der Werth der Schlempe ist ein zu hoher, als daß man diesen opfern könnte, namentlich da durch den Gebrauch der Schwefelsäure keine entsprechende Ersparniß herbeigeführt wird. Nur in dem Falle, wo auf die Verwerthung der Schlempe gar keine Rücksicht genommen zu werden braucht, könnte es sich förderlich erweisen, so z. B. in England, wo man nur die Treber verfüttert; man würde dann zugleich die hohe Steuer, mit welcher die Diastase belegt ist, ersparen, indem man kein Malz gebrauchte. Nach den englischen Steuergesetzen dürfte dieses jedoch nicht zulässig sein.

Noch räthselhafter wie die Einwirkung der Schwefelsäure ist die der Diastase. Beim Keimen aller Getreidearten geht mit dem Erwachen der Vegetation eine tief eingreifende chemische Veränderung des Samenkorns vor sich. Gleichzeitig mit dem Hervorbrechen des Keims bildet sich aus den eiweißartigen Stoffen der Körner ein anderer stickstoffhaltiger Körper, die Diastase oder das Diastas, welcher die Eigenschaften hat, Stärkemehl in Zucker — Invertzucker — zu verwandeln. Dieser dient offenbar als erste Nahrung für den jungen Keim, denn in dem Maße, wie der Wurzel- und Blattkeim wächst, vermehrt sich die Diastase, um schließlich den ganzen Stärkegehalt in Zucker umzuwandeln, der bei der zunehmenden Vegetation wieder verschwindet, wobei dann nur die Hülse des Korns zurückbleibt. Eine sehr geringe Menge von Diastase ist im Stande, eine große Menge von Stärke in Zucker umzuwandeln, und zwar mehr als in dem Korn enthalten ist.

Das bis zur Diastasebildung gekeimte Korn nennt man Malz. Es kann zwar jedes Getreidekorn zur Malzbereitung verwandt werden, vorzugsweise bedient man sich dazu jedoch der Gerste, da diese erfahrungsmäßig am meisten Diastase bildet. Ausführlicheres über die Darstellung des Malzes werden wir in dem Artikel Bier geben, hier sollen nur die für die Spiritusfabrikation wesentlichen Momente hervorgehoben werden.

In einem geräumigen Gefäße, dem Quellbottich, übergießt man das Korn mit kaltem Wasser und läßt es darin so lange, bis es sich mit Wasser gesättigt hat und so weich geworden ist, daß es sich zwischen den Fingern zusammendrücken läßt und dabei die Hülse von dem mehligen Kern ablöst. Das Wasser wird dann abgelassen und das Korn in einem mit Fliesen belegten dunklen Keller, dessen Temperatur möglichst gleichmäßig bei 15° C. gehalten wird, zu einem Haufen von ungefähr 12 Zoll Höhe geschichtet. Es beginnt sehr bald die Vegetation zu erwachen, in Folge dessen erwärmt sich der Haufen, die mittleren Schichten werden wärmer als die äußeren, von denen durch Verdunstung des Wassers die Wärme abgeleitet wird. Durch diese ungleichmäßige Temperatur wird die Vegetation im Innern sehr rasch vorwärts gehen, außen aber zurückbleiben. Um dieses zu verhüten, zieht man von Zeit zu Zeit den Haufen auseinander und bildet einen neuen Haufen, in welchem dann die oberste und die unterste Schicht des alten in die Mitte und die mittlere zum Theil oben auf und zum Theil zu unterst kommt. Dieses wiederholt man so oft, bis die Keime gleichmäßig hervorbrechen, was man als das Spitzen des Kornes bezeichnet. Ist dieses eingetreten, so breitet man den ganzen Haufen bis zu einer 4 Zoll hohen Schicht aus und überläßt ihn dann sich selbst.

Die Keime wachsen nun lebhaft und zwar vorzugsweise von oben nach unten, wobei sie sich derartig in einander verschlingen, daß die ganze Schicht in eine filzartige Masse verwandelt wird, wonach man auch diese Art des Malzes Filzmalz nennt. Während des Wachsens trocknet leicht die Oberfläche zu sehr aus, man begießt sie in diesem Falle mit Wasser. Da auch hier die oberen Körner am meisten der Abkühlung ausgesetzt sind, so wendet man die Schicht nach längerer Zeit einmal um. Zu dem Zwecke muß man größere Stücke der in einander verwachsenen Masse förmlich mit der Schaufel abstechen und diese auf die andere Seite legen, so daß das Unterste nach oben kommt. Sobald die Keime durchgängig die Länge von 1 bis 1 ½ Zoll erreicht haben, unterbricht man den Proceß, da sonst zu viel von dem gebildeten Zucker und der Diastase zur weiteren Ausbildung der Pflanzen verwandt werden würde. Es geschieht, indem man die Stücke durch Schlagen mit der Schaufel völlig zertheilt und das Ganze möglichst dünn ausbreitet, wodurch die Temperatur so weit sinkt, daß die Vegetation still steht.

Meistens verwendet man jetzt das Malz in diesem Zustande — als Grünmalz. Es muß dann natürlich immer frisch bereitet werden und kann nur wenige Tage vorräthig gehalten werden. Will man das Malz in größeren Mengen bereiten, so muß man es trocknen, was bei möglichst niedriger Temperatur auf Darren geschieht.

Rührt man das zerkleinerte Malz mit wenig Wasser an, preßt die Flüssigkeit ab und erwärmt diese sehr vorsichtig bis auf 70° C., so wird das im Korn enthaltene und gelöste Eiweiß coagulirt und hüllt die in der Flüssigkeit schwimmenden trüben Theile so ein, daß sie sich abfiltriren lassen. Wenn man dann nach dem Erkalten das Filtrat mit absolutem Alkohol versetzt, so entsteht ein Niederschlag, der sich Anfangs wieder löst, durch einen größeren Ueberschuß an Alkohol aber vollständig abgeschieden wird, in dem Maße wie die Flüssigkeit weingeistreicher wird. Dieser Niederschlag abfiltrirt, mit starkem Alkohol gewaschen und bei sehr niedriger Temperatur getrocknet, ist der Körper, den man als Diastase bezeichnet hat. Er ist in kaltem Wasser und verdünntem Weingeist leicht löslich aber unlöslich in starkem Alkohol. Seine Lösung hat die Eigenschaft, Stärkemehl zu lösen und in Zucker zu verwandeln, und zwar in so hohem Grade, daß 1 Th. Diastase hinreichend ist, um 2000 Th. Stärke zu zersetzen. Diese Umwandlung des Stärkemehls geschieht schon in der Kälte, weit rascher aber bei einer Temperatur von 65 bis 75° C. Erhitzt man die Flüssigkeit weiter, über 80° oder zum Kochen, so wird die Eigenschaft der Diastase plötzlich zerstört. Die Brauer und Brenner nennen das zu starke Erhitzen der Maische das Verbrennen des Malzes.

Von den übrigen Eigenschaften der Diastase ist wenig bekannt. Ihre Zusammensetzung ist noch nicht einmal ermittelt. Ob sie überhaupt ein Körper von bestimmter chemischer Zusammensetzung oder ein Gemenge mehrerer Körper ist, weiß man ebenfalls noch nicht. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie nur eine Modification des Klebers oder anderer stickstoffhaltigen Verbindungen, die in den Getreidekörnern vorkommen, ist. Der Kleber zeigt ganz ähnliche Eigenschaften. Läßt man ihn im feuchten Zustande kurze Zeit an einem mäßig warmen Orte stehen, so wird er immer weicher, zuletzt ganz flüssig und wirkt ebenso wie die Diastase. Knetet man Kleber und Stärkemehl zusammen und erwärmt unter Zusatz von Wasser nur einige Stunden lang auf 60 bis 70°, so nimmt die Flüssigkeit einen süßen Geschmack an, sie enthält Zucker. Ganz ähnlich wirkt faulendes Fleisch und andere Substanzen auf das Stärkemehl ein. Man kann daher wohl annehmen, daß diese Umwandlung nicht durch einen bestimmt definirten Körper bewirkt werde, sondern daß

sie ähnlich wie die Gährung und die Fäulniß das Resultat einer Molecularbewegung der Theilchen des Stärkemehls sei, die durch den Einfluß von in Zersetzung begriffenen stickstoffhaltigen Substanzen hervorgerufen wird. Der Einfachheit halber mag aber der Name Diastase auch künftig beibehalten werden, er bezeichnet unter allen Umständen den Stoff, der in der angegebenen Weise zersetzend auf das Stärkemehl wirkt.

Das Getreidemalz enthält mehr Diastase, als erforderlich ist, um das im Malz noch vorhandene Stärkemehl zu verzuckern. Man kann ihm daher noch eine bedeutende Menge Stärkemehl, als Getreideschrot oder als Kartoffeln zusetzen. Da in den Kartoffeln beim Keimen keine Diastase gebildet wird, so muß diese ihnen in Form von Malz zugeführt werden. Man rechnet gewöhnlich, daß 1 Th. gutes Gerstenmalz genügend ist, um 8 Th. Getreide oder 20 Th. Kartoffeln einzumaischen.

Um überhaupt maischen zu können, ist es erforderlich, daß das Maischgut leicht vom Wasser durchdringbar sei, damit eine Lösung herbeigeführt werden könne. Malz und Getreide werden daher vorher geschroten, d. h. zu grobem Mehl gemahlen, wobei mehr darauf gesehen wird, daß die Hülsen vollständig zerrissen sind, als daß der Kern staubfein werde. Reis, wenn er als Maischgut dient, muß vorher gekocht werden, Kartoffeln werden ebenfalls gekocht und zwischen Walzen zerdrückt. Das Getreide verursacht leicht beim Maischen dadurch Unbequemlichkeiten, daß es beim Einschütten in die Flüssigkeit sich zusammenballt und Klumpen bildet, die nicht von der Maischflüssigkeit durchdrungen werden und so der Zersetzung entgehen. Um diesem vorzubeugen, wird eine besondere Operation, das Einteigen nöthig, welches darin besteht, daß man das Schrot mit wenig Wasser zu einem weichen Teig anrührt und diesen so lange bearbeitet, bis das Wasser ihn völlig durchdrungen hat. Erst dann setzt man die nöthige Menge heißes Wasser zu, um die Maischflüssigkeit auf die richtige Temperatur zu bringen.

Die Vorgänge beim Maischen mit Malz sind im Wesentlichen dieselben, wie oben beim Maischen mit Schwefelsäure beschrieben, nur mit dem Unterschiede, der sich aus der Natur der Diastase ergiebt, daß man die Flüssigkeit nie über einen bestimmten Grad erwärmen darf. Die für die Zuckerbildung günstigste Temperatur liegt zwischen 65 und 70° C. (52 bis 56° R.). Bei diesem Wärmegrade der Flüssigkeit bemerkt man bald die vorgehenden Veränderungen. Die Flüssigkeit wird dünner, nimmt darauf einen faden und später einen süßen Geschmack an. Es entstehen nach einander dieselben Producte, wie bei der Einwirkung der Schwefelsäure, lösliche Stärke, Dextrin, Zucker, deren Bildung man ebenfalls mit Jodlösung verfolgen kann.

Sicherer erkennt man die Zunahme der Zuckerbildung durch das Steigen des specifischen Gewichtes der Flüssigkeit. In dem Maße, wie das Wasser mehr lösliche Stoffe aufnimmt, muß sich sein specifisches Gewicht erhöhen. Solche Bestimmungen nimmt man am leichtesten mittelst eines Aräometers oder eines Saccharometers vor. In den Brennereien bedient man sich dazu meistens des Balling'schen Saccharometers, dessen Grade den Zuckergehalt der Flüssigkeit in Gewichtsprocenten ausdrücken. Andere bedienen sich der Saccharometer von Brix oder von Steinheil, die aber nur so wenig von dem Balling'schen verschieden sind, daß sie fast gleiche Werthe angeben. Wesentlich verschieden von diesen sind aber die Angaben der englischen Saccharometer. Diese Instrumente sind so getheilt, daß jeder Grad ihrer Scala eine Zunahme des specifischen Gewichts um 1,0028 anzeigt, oder daß der Grad der Scala nachweist, wie viel Pfund ein Barrel Würze mehr wiegt als ein Barrel Wasser. Letzteres wiegt 360 Pfd.; zeigt das Aräometer daher 50°, so wiegt der Barrel Würze 410 Pfd., oder hat 1,1389 spec. Gew., denn 360 : 410 = 1 : 1,1389. Vor dem Gebrauch des Saccharometers seiht man eine Probe der Würze durch ein grobes leinenes Tuch, um die Treber zurückzuhalten, kühlt sie möglichst rasch, bis auf die Normaltemperatur, für welche das Saccharometer bestimmt ist, ab und läßt dieses dann ruhig schwimmen, wobei man den Grad notirt, bis zu welchem es einsinkt.

Mit Hülfe dieses Instrumentes ist es allein möglich, den Fortgang beim Maischen genau zu verfolgen. Anfangs wird es nur um wenige Grade einsinken, nach und nach zeigt es mehr Grade und endlich bleibt es bei ein und demselben Punkte stehen. Diese letzte Angabe ist von großer Wichtigkeit, da sie die Daten liefert, nach welchen der zu erwartende Spiritusertrag zu berechnen ist. Es muß jedoch bemerkt werden, daß die Saccharometer nicht allein den Zuckergehalt, sondern auch eben so gut die entsprechende Menge Dextrin ꝛc. angeben, wenn solche gelöst sind. Da nun durch die Diastase nie eine absolut vollständige Verzuckerung herbeigeführt wird, sondern immer noch eine gewisse Menge Dextrin unzersetzt bleibt, so ist es richtiger, diese Angaben nicht als Zucker zu betrachten, sondern sie als Extractprocente zu bezeichnen, ein Ausdruck, der unseres Wissens von Balling eingeführt ist.

Mittelst des Saccharometers und kleiner Maischversuche kann man sich leicht von der Qualität des Malzes und der Rohstoffe überzeugen. Man verfährt dabei nach Otto folgendermaßen (Landw. Gewerbe V. Aufl. 1, 20):

Ein besonders dazu angefertigter kleiner Kessel von Kupferblech, welcher ungefähr 750 Gramm Wasser faßt, wird auf einer Wage genau tarirt. In den Kessel werden dann 100 Grm. Malzschrot eingewogen und mit 400 bis 450 Grm. kaltem Wasser vermischt.

Nachdem das Schrot eine halbe bis eine ganze Stunde im Wasser geweicht ist, während welcher Zeit man mit einem kleinen Löffel öfter durchrührt, bringt man ein Thermometer in die Masse, erwärmt auf einer Spirituslampe allmälig auf 70 bis 75° C. und erhält diese Temperatur eine gute halbe Stunde lang. Die im Schrot enthaltene Stärke wird dadurch vollständig in Zucker und Dextrin verwandelt sein.

Man steigert nun die Hitze bis zum Sieden und stellt den Kessel zum Abkühlen hin. Aus gutem Malze entsteht so eine gelbliche süße Würze, die klar über dem Ungelösten, den Trebern steht. Nach völliger Abkühlung nimmt man Thermometer und Löffel aus der Maische, spült diese, sie über den Kessel haltend, mit wenig Wasser ab, bringt den Kessel wieder auf die Wage und gießt so viel Wasser zu, daß das Gewicht der Maische 533 Grm. beträgt. 100 Grm. Malz liefern nämlich durchschnittlich

33 Grm. Treber, indem man also 533 Grm. Maische darstellt, wird man 500 Grm. Würze haben.

Durch Umrühren mit dem Löffel vermischt man die Maische mit dem zugesetzten Wasser und gießt die Maische auf ein leinenes Tuch, durch welches die Würze hinreichend klar abfließt. Nachdem diese auf die richtige Temperatur gebracht ist, taucht man das Saccharometer ein und notirt den Punkt der Scala, bis zu welchem es einsinkt. Dieser giebt den Procentgehalt der Würze an.

Angenommen das Saccharometer sinke bis zum 12. Grade ein, so enthält die Würze 12 Proc. Maischextract, oder 100 Grm. Würze enthalten 12 Grm. Extract. Da das Gewicht der Würze 500 Grm. beträgt, so haben die 100 Grm. Malz, aus welchen die Würze bereitet war, 5 . 12 = 60 Grm. Extract gegeben.

Ist nun die Ausbeute des Malzes an Extract bekannt, so kann die Hälfte des Malzes durch andere stärkemehlhaltige Substanzen, so z. B. durch ungemalzte Gerste, durch Getreide im Allgemeinen ersetzt und so die Extractausbeute aus diesem gefunden werden. Angenommen durch Maischen von 50 Grm. Gerstenmalzschrot und 50 Grm. Weizenschrot sei eine Würze von 13 Proc. Saccharometeranzeige erhalten worden, so hat man darin 5 . 13 = 65 Proc. Extract. Diese Zahl verdoppelt, also 130 giebt die Extractausbeute von 100 Grm. Gerstenmalz und 100 Grm. Weizen. Das Gerstenmalz gab 60 Proc. Extract, diese Zahl von 130 abgezogen bleibt 70 als die Extractausbeute aus 100 Grm. Weizen. Hätte man 25 Grm. Gerste und 25 Grm. Gerstenmalz genommen, so würde das Saccharometer in der Würze 6,5 Proc. angezeigt haben und diese Zahl wäre dann zu verdoppeln.

Unerläßlich für die Richtigkeit der auf diese Weise zu erlangenden Resultate ist es, die stärkemehlhaltigen Substanzen sehr fein geschroten, oder als Pulver, als Mehl anzuwenden. Sind die Substanzen sehr hart, hornartig, wie z. B. Reis und Mais, so thut man wohl, dieselben in dem tarirten Kessel erst für sich mit Wasser längere Zeit fast bis zum Kochen zu erhitzen, um sie gehörig zu erweichen, dann die Masse auf 65 bis 70° C. erkalten zu lassen, das Malzschrot zuzusetzen und damit längere Zeit bei dieser Temperatur zu erhalten.

Das Resultat dieser Versuche kann natürlich kein völlig genaues sein, weil dabei vorausgesetzt wird, daß die Substanzen 33 Proc., also ein Drittel ihres Gewichts Treber geben, was natürlich nicht genau richtig ist. Aber für die Praxis sind im Allgemeinen die Resultate genau genug.

Zur Bestimmung des Extracts, welcher aus Kartoffelmehl oder anderen sehr stärkehaltigen Substanzen zu gewinnen ist, wägt man 50 Grm. Gerstenmalz und 50 Grm. der zu untersuchenden Substanz ein. Da diese aber nur äußerst geringe Mengen von Trebern liefern, so verdünnt man die Maische nach dem Erkalten nicht auf 533 Grm., sondern auf 516,5 Grm., also auf das Gewicht, welches den 50 Grm. Malz entspricht. Die geringe Menge der Treber des Mehles kann dann vernachlässigt werden. (**Otto.**)

Auf ähnliche Weise wurde der Extractgehalt der Rohstoffe von **Balling** bestimmt, er fand dabei als Mittelzahlen für:

Weizen	70	Proc. Extract
Roggen	65	„ „
Gerste	60	„ „
Himalayagerste	65	„ „
Gerstendarrmalz	60—65	„ „
Gerstenluftmalz	55	„ „
Hafer	42	„ „
Mais	65—70	„ „
Reis	74	„ „
Gute Kartoffeln	17,3	„ „
Kartoffelstärke	82	„ „
Kartoffelmehl	73	„ „

Da das Dextrin bei der Gährung sich nicht in Alkohol verwandelt, so ist beim Maischen für die Spiritusfabrikation vor Allem danach zu trachten, möglichst viel Zucker und möglichst wenig Dextrin zu bilden. Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß am reichlichsten Zucker entstehe, wenn man die Temperatur beim Maischen so niedrig wie irgend möglich hält, während bei höheren Wärmegraden die Dextrinbildung reichlicher wird. Als niedrigste Temperatur, bei der das Maischen lohnend bleibt, kann man 60° C. (48° R.) bezeichnen, etwas längere Zeit gleicht dann die weniger hohe Wärme vollständig aus. Hat man bei einer Mischung von Malz und rohem Getreide oder Kartoffeln die Einwirkung der Diastase zwei Stunden lang andauern lassen, so hat man fast reine Zuckerlösung und man kann dann annehmen, daß man bei richtig verlaufener Gährung die Hälfte des Gewichts des gebildeten Zuckers an Alkohol erhalte. Es gelingt jedoch selten, die Gährung so gut zu leiten, und unsere Steuerverhältnisse verhindern dieses zumeist, daß wirklich aller Zucker zur Ausnutzung komme, die Ausbeute wird in der Praxis in den meisten Fällen nicht mehr als 70 bis 80 Proc. der so berechneten Menge betragen. Gerade wegen dieses durch die unvollständige Vergährung herbeigeführten Verlustes ist es aber auch um so nothwendiger, die Schlempe möglichst hoch zu verwerthen, weil sonst ein entsprechender Theil des Getreides geradezu nutzlos verschwendet würde. — Es ist dieses nur zu erreichen, wenn ein regelrecht geleiteter landwirthschaftlicher Betrieb mit der Brennerei verbunden ist.

Die Quantität des zum Einmaischen anzuwendenden Wassers ist vom theoretischen Standpunkte betrachtet ziemlich gleichgültig, da immer Zuckerbildung eintritt, so lange die Masse nur vollkommen flüssig ist. In der Praxis ist dieses aber ein sehr wesentliches Moment, weil

1) eine größere Quantität Wasser mehr Wärme erfordert, um auf die Maischtemperatur gebracht zu werden;

2) eine größere Menge von Maische schwierig auf die Gährtemperatur abzukühlen ist;

3) eine größere Menge von Maische mehr Raum zum Vergähren erfordert und mithin einen hohen Steuersatz zahlt;

4) eine verdünntere Maische schwieriger durch Destillation von ihrem Alkoholgehalt zu befreien ist und dabei mehr Brennmaterial erfordert.

Diese Umstände machen es wesentlich, darauf hin zu arbeiten, die Einmaischung mit möglichst wenig Wasser vorzunehmen, und man kommt von dem früher üblichen Dünnmaischen immer mehr zu dem Dickmaischen oder der Darstellung einer möglichst concentrirten

Maische. Während man früher auf 1 Th. Trockensubstanz des Maischgutes 8 bis 9 Th. Wasser nahm, reducirt man diese Menge jetzt auf 3 bis 4 Th. Wie groß dabei der Unterschied der Concentration der Würze, oder ihr Extractgehalt ist, ergiebt sich aus den nachstehenden, von Balling berechneten Tabellen. In der ersten Tabelle, die sich auf Einmaischungen von Gerstenmalz und Roggen in dem Verhältniß von $^1/_5$ Malz auf $^4/_5$ Roggen bezieht, ist angenommen, das getrocknete Malz enthalte 7 Proc., der Roggen 12 Proc. Wasser, dessen Menge natürlich von der des anzuwendenden Wassers in Abzug zu bringen ist. Die zweite Tabelle bezieht sich auf Einmaischung von Kartoffeln im Verhältniß von 1 Th. Malz auf 20 Th. frische Kartoffeln. Da die Kartoffeln durchschnittlich nur 27,5 Proc. Trockensubstanz enthalten, so müssen, um 100 Pfd. Trockensubstanz zu erhalten, in denen das Verhältniß zum Malz unverändert bleibt, 307,6 Pfd. frische Kartoffeln = 84,6 Pfd. trockne und 15,4 Pfd. trocknes Malz angewandt werden. Bei den Kartoffeln ist jedoch das specifische Gewicht ihres Saftes, welches durchschnittlich 3 Proc. Saccharometeranzeige entspricht, mit zu berücksichtigen, da es zwar den Procentgehalt der Würze scheinbar erhöht, ohne aber gährungsfähige Substanz zu sein.

Tabelle zur Vergleichung der Extractgehalte der entstehenden Maischwürzen aus $^1/_5$ Gerstenmalz und $^4/_5$ Roggen, bei verschiedenen Verhältnissen von Trockensubstanz zum Wasser.

Verhältniß der Trockensubstanz	Verhältniß zum Wasser	Menge der Trockensubstanz	Menge des Wassers	Die Trockensubstanz besteht aus Gerstenmalz	Die Trockensubstanz besteht aus Roggen	Extractgehalt des Malzes à 60 Proc.	Extractgehalt des Roggens à 65 Proc.	Extractgehalt Zusammen	Menge der Maischwürze	Extractgehalt der Maischwürze
		Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Proc.
1	9	100	900						975	6,56
1	8½	100	850						925	6,91
1	8	100	800						875	7,31
1	7½	100	750						825	7,75
1	7	100	700						775	8,25
1	6½	100	650						725	8,82
1	6	100	600	20	80	12	52	64	675	9,48
1	5½	100	550						625	10,24
1	5	100	500						575	11,12
1	4½	100	450						525	12,19
1	4	100	400						475	13,47
1	3½	100	350						425	15,05

Tabelle zur Vergleichung der Extractgehalte der entstehenden Maischwürze aus 100 Theilen frischen Kartoffeln und 5 Theilen Gerstenmalz, bei verschiedenen Verhältnissen von Trockensubstanz und Wasser.

Verhältniß der Trockensubstanz	Verhältniß zum Wasser	Menge der Trockensubstanz	Menge des Wassers	Die Trockensubstanz besteht aus Gerstenmalz	Die Trockensubstanz besteht aus Kartoffeln	Extractgehalt des Malzes à 60 Proc.	Extractgehalt des Kartoffelstärkemehls à 82 Proc.	Extractgehalt des Kartoffelsaftes à 3 Proc.	Extractgehalt Zusammen	Menge der Würze	Extractgehalt der Würze
		Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Proc.
1	9	100	900							982,7	7,30
1	8	100	800							882,7	8,12
1	7	100	700							782,7	9,16
1	6	100	600	15,4	84,6	9,24	53,28	9,22	71,74	682,7	10,50
1	5	100	500				62,5			582,7	12,31
1	4	100	400							482,7	14,86
1	3	100	300							382,7	18,74

Maischt man daher in dem Verhältniß von 1 : 4, so erhält man bei Getreide aus 100 Pfd. alkoholgebenden Substanzen 475 Pfd. Würze, während dasselbe Quantum 975 Pfd. Würze liefert, wenn wie 1 : 9 gemaischt wird. Die Kartoffeln enthalten im frischen Zustande, wie gesagt, nur 27,5 Proc. Trockensubstanz. Beim Kochen, welches dem Maischen vorhergeht, quillt das Stärkemehl so sehr auf, daß die Kartoffeln eine trockne Masse zu bilden scheinen, die jedoch noch die Gesammtmenge des Wassers enthält. Kommen die trocken scheinenden Kartoffeln dann mit nur wenig Malzaufguß zusammen, so wird die Stärke zu Zucker, löst sich und damit geht auch das Wasser wieder in den flüssigen Zustand über, wodurch die Anfangs sehr dicke Kartoffelmaische im Verlauf der Operation immer dünner wird.

Mit dem Dickmaischen mußte nothwendigerweise der ganze früher üblich gewesene Betrieb der Brennereien verändert werden und namentlich die Destillationsgeräth-

schaften mußten auf andere Weise eingerichtet werden. Bis dahin erhitzte man die weingaare Maische über freiem Feuer, was ohne Gefahr geschehen konnte; bei dem bedeutend gesteigerten Gehalt an Trebern und anderen organischen Substanzen war aber nicht zu vermeiden, daß die Dickmaischen in den Blasen anbrannten, dem Destillat dadurch einen schlechten Geschmack gaben und die Destillirgefäße zerstörten. Dieser Umstand konnte nur beseitigt werden, als man die Destillation durch in die Blase einströmenden Dampf bewerkstelligte.

Läßt man die fertige Maische im warmen Zustande längere Zeit der Luft ausgesetzt, so geht darin eine nachtheilige Veränderung vor. Unter Mitwirkung eigenthümlicher Fermentstoffe, die ihr durch die Luft zugeführt werden, tritt eine Spaltung des Zuckers ein und dieser verwandelt sich in Milchsäure, die nicht mehr gährungsfähig ist und wodurch also ein Verlust an Alkohol stattfindet. Um dieses zu vermeiden, muß die Maische möglichst rasch abgekühlt werden, weil in der Kälte diese Zersetzung weit langsamer eintritt. Es geschieht auf verschiedene Weisen, durch Abkühlen und Zukühlen. Ersteres durch freiwilliges Ausstrahlen der Wärme und Verdunstung, oder durch Ableitung der Wärme in kältere Medien, Wasser oder Eis. Die Zukühlung wird durch Zusatz von kaltem Wasser bewirkt, wodurch dann eine bedeutende Verdünnung herbeigeführt wird.

Die Gährung. Durch die Einleitung der Gährung bezweckt man die Umwandlung des Zuckers in Alkohol. Als zweites Product tritt dabei Kohlensäure auf, so daß man die Zersetzung des Zuckers im Wesentlichen durch die Formel

$$\underbrace{C_{12}H_{12}O_{12}}_{\text{Fruchtzucker}} + \underbrace{2\,C_4H_6O_2}_{\text{Alkohol}} + \underbrace{4\,CO_2}_{\text{Kohlensäure}}$$

ausdrücken kann. Außerdem wird aber noch bei jeder alkoholischen Gährung (nur diese ist gemeint, wenn wir künftig dem Worte Gährung keine weitere Bezeichnung vorsetzen) eine gewisse Menge von Bernsteinsäure und Glycerin gebildet. Die Entstehung der Bernsteinsäure bei der Gährung ist schon lange bekannt; sie wurde zuerst 1818 von Beißenhirtz und später wieder von Schmidt und Schunk beobachtet. Man hielt ihr Auftreten aber für ein zufälliges, bis Pasteur nachwies, daß sie bei jeder regelmäßig verlaufenden Gährung vorkomme und daß in allen gegohrenen Flüssigkeiten außerdem auch Glycerin enthalten sei. Man kann ihre Bildung nach Pasteur durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$\underbrace{49\,C_{12}H_{12}O_{12}}_{\text{Fruchtzucker}} + \underbrace{60\,HO}_{\text{Wasser}} = \underbrace{12\,C_8H_6O_8}_{\text{Bernsteinsäure}} + \underbrace{72\,C_6H_8O_6}_{\text{Glycerin}} + \underbrace{60\,CO_2}_{\text{Kohlensäure.}}$$

Endlich ist noch das Vorkommen von anderen Alkoholen, Amyl- und Butylalkohol, die jedoch stets in sehr untergeordneter Menge auftreten, zu erwähnen.

Der gewöhnliche Zucker, der Rohrzucker, ist als solcher nicht gährungsfähig. In Berührung mit einem Ferment geht er aber fast augenblicklich in zwei andere Zuckerarten, Fruchtzucker und Traubenzucker, über, die dann die Gährung erleiden.

Zur Erregung der Gährung ist die Anwesenheit von Zucker, Wasser, Ferment und eine zwischen + 5 und 50° C. liegende Temperatur erforderlich. Unter dem Namen Ferment begreift man eine Classe organisirter Körper, deren Lebensthätigkeit sich dadurch äußert, daß sie in Berührung mit anderen Stoffen deren Zersetzung veranlaßt, und zwar immer in der Weise, daß complexe Atome dieser Stoffe sich dabei zu einfacher gruppirten Atomen spalten.

Von den Fermenten ist das bekannteste die Bierhefe, ein Pilz, der sich immer bildet, wenn man zuckerhaltige Flüssigkeiten, die entweder organische stickstoffhaltige Verbindungen oder Ammoniaksalze und die mineralischen Nährstoffe der Pflanzen enthalten, mit einer Spur von Hefe vermischt oder auch sie nur der freien Luft aussetzt. Die Berührung mit der Luft bewirkt in diesem Falle ganz dasselbe, wie der directe Zusatz von Hefe. Es findet aber keine Pilzbildung Statt, wenn man reinen Sauerstoff, geglühte oder durch Baumwolle filtrirte Luft zutreten läßt, oder auch nicht, wenn man die Gefäße, in denen die Lösung enthalten ist, so stellt, daß allerdings die Luft Zutritt zu ihnen hat, daß aber kein in der Luft vertheilter Staub hineinkommen kann. Zieht man ein größeres Volum von Luft durch eine Glasröhre, die mit Baumwolle gefüllt ist, und bringt man dann diese Baumwolle in Zuckerlösungen, die die erwähnten Beimischungen enthalten, so findet sofort eine Vegetation des Pilzes Statt. Es geht hieraus hervor, daß nicht die Luft zur Erregung der Gährung, denn diese hält gleichen Schritt mit der Bildung des Pilzes, erforderlich ist, sondern daß in der Luft sich Sporen des Pilzes verbreitet finden, die, sobald sie auf einen für ihre Entwicklung günstigen Boden fallen — der hier die Zuckerlösung ist —, sich zu Keimen und dann zu Zellen umwandeln, die die Bierhefe sind.

Außer den Sporen der Bierhefe (Torvula cerevisiae) finden sich in der Luft, außer anderen noch wenig bekannten, auch immer die Sporen eines anderen Pilzes, die der Milchsäurehefe (Penicillium glaucum); und je nachdem die Umstände für die Entwicklung des einen oder des anderen günstiger sind, wird sich vorzugsweise die Bierhefe oder die Milchsäurehefe bilden und es werden die mit deren Lebensthätigkeit verknüpften Zersetzungsproducte entstehen.

Die Bierhefe in ihrer ausgebildeten Form besteht aus kleinen, höchstens 0,01 Millimeter im Durchmesser habenden Pflanzenzellen mit elastischen Wandungen und einem flüssigen oder körnigen Inhalt. Ihre Form ist entweder kugelrund oder oval, nie aber sind ihre Zellen gestreckt oder verästelt; die letztere Form ist die der Milchsäurehefe, mit der die Bierhefe bei früheren mikroskopischen Untersuchungen häufig verwechselt ist. Der scheinbar körnige Inhalt der Bierhefezellen bildet Keime für neue Zellen, die sich zu Knospen entwickeln und so sich fortpflanzen. Filtrirt man eine Flüssigkeit, in der beide Hefenarten sich finden, durch loses Papier, so gehen die weit kleineren Zellen der Bierhefe durch das Filter, während die größeren der Milchsäurehefe darauf zurückbleiben. Bringt man das Filtrat in Zuckerlösung, so entsteht in dieser Alkoholgährung; der auf dem Filter

bleibende Rückstand erzeugt in Zuckerlösungen Milchsäuregährung.

Je nachdem die Hefe bei verschiedenen Temperaturen entstand, hat sie verschiedene Eigenschaften. Bei niederen Temperaturen — unter 10° — lagert sich der größte Theil der Hefe am Boden der Flüssigkeit ab, die Gährung verläuft dabei äußerst langsam. Bei höherer Temperatur als 10° steigt die Hefe an die Oberfläche der Flüssigkeit, die Gährung verläuft rasch. Man unterscheidet solche Hefe als Oberhefe und Unterhefe. Die Oberhefe erzeugt in warmen Flüssigkeiten immer wieder Oberhefe, die Unterhefe in kalten Flüssigkeiten Unterhefe. Bringt man Unterhefe in wärmere Zuckerlösungen, so steigt der größere Theil davon an die Oberfläche, der geringere sinkt zu Boden. Ebenso verhält sich Oberhefe in kalten Flüssigkeiten. Durch mehrmalige Wiederholung mit frischer Zuckerlösung kann man ganz beliebig die eine Art in die andere verwandeln. Es scheint daher, daß diese Verschiedenheiten nur durch die Temperatur bedingt werden, daß die beiden Hefenarten keine verschiedenen Species, sondern ein und dieselbe Pflanze sind.

Die chemische Zusammensetzung der Hefe weicht in verschiedenen Analysen sehr weit von einander ab, so daß man sich kein genaues Bild ihrer Zusammensetzung machen kann. Es rührt dieses daher, daß die Hefe, wie man sie zur Analyse nimmt, nicht eine einfache Substanz, sondern ein Gemenge von Hefepflanzen in verschiedenen Stadien der Entwicklung und des Zerfallens ist. Die folgenden Analysen weisen dieses nach.

	Oberhefe		Unterhefe	
	nach Schloßberger	nach R. Wagner.	nach Schloßberger.	nach R. Wagner.
Kohlenstoff	49,9	45,5	48,0	52,5
Wasserstoff	6,6	6,2	6,4	7,2
Stickstoff	12,2	9,4	9,8	9,7
Sauerstoff	31,3	38,9	35,9	30,6

Zuckerlösungen, die absolut frei von allen stickstoffhaltigen Verbindungen sind, kommen durch Zusatz einer Spur von Hefe in Gährung. Es bilden sich dabei neue Hefezellen, bald läßt aber die Gährung nach, die ausgeschiedene Hefe ist nicht mehr im Stande, Gährung zu erregen, sie besteht im Wesentlichen nur aus den Zellwandungen der Hefenpflanzen, aus Cellulose, Holzfaser, Zellstoff. Die neu gebildete Hefe entstand dabei nur auf Kosten der absterbenden, deren flüssiger, stickstoffreicher Inhalt das Entstehen neuer Generationen möglich machte. Es geht hieraus hervor, daß eine gegebene Menge von Hefe, wenn nicht die Bedingungen ihrer Fortpflanzung erfüllt sind, nur eine beschränkte Menge von Zucker in Gährung zu versetzen vermag. Ferner läßt sich daraus folgern, daß die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Hefe beim Absterben der Pflanze allmälig so modificirt werden, daß sie nicht mehr zur Neubildung von Zellen geeignet sind. Gingen die stickstoffhaltigen Bestandtheile — neben den anorganischen Stoffen der absterbenden Hefe — unverändert in Lösung, so müßte die Neubildung ununterbrochen statthaben können. Dieses ist jedoch, wie erwähnt, nur in beschränktem Maße der Fall. Was dabei aus den stickstoffhaltigen Stoffen wird, ist nicht bekannt. In Ammoniaksalze, wie man früher annahm, werden sie jedoch nicht verwandelt, da im Gegentheil Ammoniaksalze selbst durch den Lebensproceß der Pflanze zersetzt werden.

In Zuckerlösungen, die mit mehr Hefe vermischt werden, als zur völligen Umwandlung des Zuckers in Alkohol erforderlich ist, geht die Gährung sehr rasch und energisch vor sich. Ist dann aller Zucker zersetzt, so dauert die Gasentwicklung, wenn ein großer Ueberschuß von Hefe zugegen ist, trotzdem noch fort, der Zellstoff der Hefemembranen wird selbst zum Theil in Zucker verwandelt und liefert neue Mengen von Alkohol und Kohlensäure.

Im letzteren Falle ist das Gewicht der Hefe nach der Gährung bedeutend geringer, als das Gewicht der angewandten Hefe. Bei einem Ueberschuß von Zucker dagegen steigert sich das Gewicht wesentlich, weil die neu entstehenden Hefekügelchen auf Kosten des Zuckers gebildet werden und einen Theil desselben in Zellstoff verwandeln. Außerdem wird hierbei aus dem Zucker immer eine gewisse Menge von Fett gebildet, da die erhaltene Hefe fettreicher, als die angewandte ist.

In Zuckerlösungen, die stickstoffhaltige Substanzen und die anorganischen Pflanzennährstoffe enthalten und mit Hefe versetzt sind, geht die Neubildung der Hefe ununterbrochen vor sich, so lange noch unzersetzter Zucker vorhanden ist. Wesentlich verschieden ist aber die Quantität der gebildeten Hefe, je nachdem die Luft dabei freien Zutritt hat oder nicht.

Setzt man Hefe in flachen Glasgefäßen mit Zuckerlösung und Eiweißstoffen der Luft aus, so erfolgt unter Aufnahme von Sauerstoff eine rasche und lebhafte Vermehrung der Hefezellen, bei welcher für 1 Th. der neu gebildeten Hefe nur etwa 6 bis 8 Th. Zucker zerlegt werden. Die so gebildete Hefe bei Luftabschluß in Zuckerwasser gebracht, bewirkt sogleich sehr lebhafte Gährung (Pasteur). Hiernach nimmt Pasteur an, daß die Hefe auf zweierlei Weise leben kann, entweder bei Luftabschluß, wobei sie bis zum Hundertfachen ihres Gewichts Zucker zerlegt, aber nur langsam wächst und sich vermehrt, oder bei Luftzutritt, wobei die Vermehrung sehr rasch vor sich geht, aber nur wenig Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt wird (Gmelin's Handbuch 7, 705).

Zur Erregung der Gährung ist eine unmittelbare Berührung der Zuckerlösung mit der Hefe erforderlich. Hängt man Weinmost, in eine Blase eingeschlossen, in gährenden Most, so geräth dieser nicht in Gährung, weil die Hefezellen die Blase nicht durchdringen können. Könnten die gelösten Stoffe die Gährung einleiten, so würde auch die in der Blase enthaltene Flüssigkeit gähren, weil die Blase dem Durchgang und gegenseitigen Austausch der Flüssigkeiten kein Hinderniß in den Weg setzt.

Die Gährung der Fruchtsäfte, des Weinmostes tritt ein, auch ohne Zusatz von Hefe. Es geschieht dies aber nur dann, wenn die Luft freien Zutritt hat und also die Sporen der Hefe zuführen kann.

Ueber die Theorie der Gährung ist Vieles geschrieben worden, sind mancherlei verschiedene Ansichten aufgestellt. Berzelius, der so manche unerklärliche Thatsache dem Einfluß der katalytischen Kraft zuschrieb, wandte diese auch auf die Spaltung des Zuckers in Alkohol und

Kohlensäure durch Einwirkung der Hefe an; da aber die katalytische Kraft etwas Unerklärbares war, so wurde dadurch kein Licht auf diese Erscheinung geworfen. Erst spät erkannte Berzelius die Hefe als eine eigene Pflanze an, ohne jedoch deren Lebensthätigkeit die Alkoholbildung zuzuschreiben. Nicht glücklicher war Mitscherlich, der nach dem mikroskopischen Studium der Hefe den Berzelius'schen Ausdruck der katalytischen Kraft mit dem Ausdruck Contactwirkung vertauschte. Nach Liebig ist das Ferment ein durch Berührung mit dem Sauerstoff der Luft in Zersetzung gerathener stickstoffhaltiger Körper, dessen Moleküle sich in Folge dieser Zersetzung in einer Bewegung befinden, die sie auf die Moleküle anderer mit ihnen in Berührung befindlicher stickstofffreier Körper fortpflanzen. Durch diese Bewegung gruppiren sich die Moleküle des Zuckers zu einfacheren Verbindungen, Alkohol und Kohlensäure. Nachdem durch neuere Untersuchungen nachgewiesen ist, daß reiner Sauerstoff oder filtrirte Luft nicht die Gährung gährungsfähiger Körper hervorruft, kann auch die Theorie Liebig's nicht mehr bestehen. Es wurde zuerst von Schwann beobachtet und später von Anderen, namentlich von Pasteur bestätigt, daß die Luft einen ganz anderen Einfluß hat, als bisher angenommen wurde, daß sie nämlich der Träger der Keime der Hefenpflanze sei. Da nun ferner durch vielfache Versuche nachgewiesen ist, daß nur dann Alkoholgährung stattfindet, wenn Hefe zugegen ist oder nachdem sich Hefe gebildet hat, so müssen wir die Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure nothwendig als eine mit den Lebensfunctionen der Hefenpflanze in engster Verbindung stehende Erscheinung betrachten. Es ist zwar behauptet, daß Alkohol unter gewissen Umständen auch ohne Hefenbildung entstehen könne, die darauf bezüglichen Versuche weichen jedoch von den Vorgängen der Weingährung so weit ab, daß sie kaum hierfür maßgebend sein dürften. — (Eine systematische Zusammenstellung aller auf die Gährung Bezug habenden Arbeiten findet sich in Gmelin's Handbuch 7, 700 bis 715; eine historische Entwicklung der diesen Gegenstand betreffenden Forschungen bis zum Jahre 1859 von Dr. G. Lunge in Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. 78, 385 bis 422; eine Uebersicht der neuesten Forschungen von Pasteur und Berthelot in Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. 85, 465, auch in Dingler's Journ. 165, 292.)

Die Beobachtung des Verlaufes und die richtige Leitung der Gährung sind von größter Wichtigkeit, da nur dann auf die höchste Ausbeute von Alkohol zu rechnen ist, wenn alle Bedingungen erfüllt sind, die die Gährung beeinflussen. Man hat verschiedene empirische Kennzeichen, welche eine mangelhafte oder gute Gährung andeuten, jedoch liefern diese nie zuverlässige Angaben. In England hat man schon seit langer Zeit, seit Anfang dieses Jahrhunderts eine auf streng wissenschaftliche Versuche basirte Methode angewandt, um zu jeder Zeit sich genau Rechenschaft über den Stand der gährenden oder ausgegohrenen Maische zu geben, welche nicht allein gestattet, im Voraus die Ausbeute an Alkohol, die Menge des noch unvergohrenen Extracts in der Flüssigkeit zu berechnen, sondern auch rückwärts nach der Beschaffenheit der vergohrenen Maische auf die Zusammensetzung der frischen Maische zu schließen. Welch große Vortheile ein solches Verfahren hat, ist einleuchtend, man kann durch dasselbe eine fortwährende Controle des ganzen Betriebes ausüben. Sie wird auch in England (wo die Spiritusfabrikation einer Fabrikatsteuer unterworfen ist) von der überwachenden Steuerbehörde angewandt, um den Ertrag an fertigem Alkohol mit dem nach der vergohrenen Maische zu erwartenden Betrag zu vergleichen, wobei sich in der Praxis selten nur unerhebliche Differenzen herausstellen. Die englische Methode ist auf das dortige Maß- und Gewichtssystem begründet und deshalb für uns nicht zu benutzen. Es hat Balling das große Verdienst, diese Prüfung der Maischen und Würzen so bearbeitet zu haben, daß sie allgemeinen Eingang auch in die deutschen Gährungsbetriebe, sowohl für Bier-, wie Spiritus- und Branntweinbereitung, finden kann. In jeder rationell geleiteten Anstalt sollten diese Beobachtungen wo möglich täglich ausgeführt werden. Im Folgendem wollen wir in möglichst gedrängtem Auszuge — nach Balling's Gährungschemie — die Lehre und Anwendung der Attenuation mittheilen.

Attenuation nennt man die in einer gegohrenen Flüssigkeit — durch Verwandlung des Zuckers in Alkohol — veranlaßte Verdünnung. Diese Verdünnung kann ermittelt werden, entweder durch das von Balling für diese Zwecke construirte, oben bereits erwähnte Saccharometer, welches durch sein Einsinken in der zu prüfenden Flüssigkeit bis zu einem bestimmten Scalentheil direct den Gehalt der Flüssigkeit an Zucker, oder specifisch gleich schweren Stoffen wie Zucker, in Gewichtsprocenten angiebt; oder die Verdünnung kann durch directe Beobachtung des specifischen Gewichts ermittelt werden.

Die Anwendung des Saccharometers erfordert vor Allem ein sehr genau gearbeitetes Instrument. Es werden solche Instrumente gegenwärtig jedoch von hinreichender Güte von den Mechanikern geliefert, so daß von dieser Seite ihrer Anwendung kein Bedenken entgegenstehen kann. Wie bei allen aräometrischen Wägungen erhält man aber mit dem Saccharometer nur dann zuverlässige, höchstens bis auf 0,1 Proc. richtige Angaben, wenn sehr vorsichtig und immer bei der für diese Instrumente bestimmten Normaltemperatur beobachtet wird. Vor dem Einsenken des Saccharometers muß die Flüssigkeit von den darin schwimmenden Trebern durch Abseihen befreiet werden, wozu man sich am zweckmäßigsten eines gestrickten Spitzbeutels bedient, den man an einem Ring befestigt und an einem entsprechenden Halter aufhängt. Eine absolute Klarheit ist bei den saccharometrischen Beobachtungen nicht erforderlich.

Will man die Berechnungen mit größter Schärfe ausführen, so genügt die Dichtigkeitsbestimmung mittelst des Saccharometers nicht. Man muß dann das specifische Gewicht der Maischwürze direct bestimmen und die Angabe des specifischen Gewichts auf Saccharometerprocente berechnen. Die Bestimmung des specifischen Gewichts geschieht am einfachsten, indem man ein Kölbchen, welches bis zu einem um seinen Hals gezogenen Kreisstrich genau 50 oder 100 C.-C., also ebenso viele Grammen Wasser von bestimmter Temperatur, faßt, genau bis zu diesem Punkte mit der klaren Flüssigkeit füllt und so das Gewicht bestimmt. Nach Abzug des Gewichts

des Glases bleibt dann das absolute Gewicht von 50 oder 100 C.=C. der Flüssigkeit. Dividirt man das absolute Gewicht durch 50 oder 100, je nach dem Inhalt des Glases, so bekommt man das gesuchte specifische Gewicht. Da alle in der Flüssigkeit schwimmenden Körper mit in die Gewichtsbestimmung gezogen werden, so müssen diese vorher entfernt werden, es können also nur ganz klare Flüssigkeiten gebraucht werden. Die durch einen Beutel geseihte Flüssigkeit ist meist zu klebrig, um sich leicht durch Papier filtriren zu lassen, man erreicht dieses aber, wenn man sie mit Wasser genau bis zur Hälfte verdünnt. Man mißt dazu in einem Glase von beliebigem Rauminhalt ein bestimmtes Volum der Würze ab, läßt sie in ein größeres Glas fließen, spült das Meßgefäß zunächst mit Wasser aus, füllt es dann bis zu demselben Volum mit Wasser und mischt dieses mit der vorher abgemessenen Würze. Nach der Filtration, bei der man, um Verdunstung zu verhüten, den Trichter mit einer Glasplatte bedeckt, bestimmt man dann das specifische Gewicht wie angegeben. Hat man dann nach folgender Tabelle das specifische Gewicht auf Saccharometerprocente reducirt, so muß man diese noch verdoppeln, um den Gehalt zu finden, weil ja die geprüfte Flüssigkeit zur Hälfte aus Würze, zur Hälfte aus Wasser bestand.

Tabelle

zur Reduction der specifischen Gewichte auf Saccharometerprocente nach Balling.

Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.
1,0000	0,000	1,0047	1,175	1,0094	2,350	1,0141	3,525	1,0188	4,700	1,0235	5,875
1,0001	0,025	48	200	95	375	142	550	189	725	236	900
2	050	49	225	96	400	143	575	1,0190	750	237	925
3	075	1,0050	250	97	425	144	600	191	775	238	950
4	100	51	275	98	450	145	625	192	800	239	975
5	125	52	300	99	475	146	650	193	825	1,0240	6,000
6	150	53	325	1,1000	500	147	675	194	850	241	024
7	175	54	350	101	525	148	700	195	875	242	048
8	200	55	375	102	550	149	725	196	900	243	073
9	225	56	400	103	575	1,0150	750	197	925	244	097
1,0010	250	57	425	104	600	151	775	198	950	245	122
11	275	58	450	105	625	152	800	199	975	246	146
12	300	59	475	106	650	153	825	1,0200	5,000	247	170
13	325	1,0060	500	107	675	154	850	201	025	248	195
14	350	61	525	108	700	155	875	202	050	249	219
15	375	62	550	109	725	156	900	203	075	1,0250	244
16	400	63	575	1,0110	750	157	925	204	100	251	268
17	425	64	600	111	775	158	950	205	125	252	292
18	450	65	625	112	800	159	975	206	150	253	316
19	475	66	650	113	825	1,0160	4,000	207	175	254	341
1,0020	500	67	675	114	850	161	025	208	200	255	365
21	525	68	700	115	875	162	050	209	225	256	389
22	550	69	725	116	900	163	075	1,0210	250	257	413
23	575	1,0070	750	117	925	164	100	211	275	258	438
24	600	71	775	118	950	165	125	212	300	259	463
25	625	72	800	119	975	166	150	213	325	1,0260	488
26	650	73	825	1,0120	3,000	167	175	214	350	261	512
27	675	74	850	121	025	168	200	215	375	262	536
28	700	75	875	122	050	169	225	216	400	263	560
29	725	76	900	123	075	1,0170	250	217	425	264	584
1,0030	750	77	925	124	100	171	275	218	450	265	609
31	775	78	950	125	125	172	300	219	475	266	633
32	800	79	975	126	150	173	325	1,0220	500	267	657
33	825	1,0080	2,000	127	175	174	350	221	525	268	681
34	850	81	025	128	200	175	375	222	550	269	706
35	875	82	050	129	225	176	400	223	575	1,0270	731
36	900	83	075	1,0130	250	177	425	224	600	271	756
37	925	84	100	131	275	178	450	225	625	272	780
38	950	85	125	132	300	179	475	226	650	273	804
39	975	86	150	133	325	1,0180	500	227	675	274	828
1,0040	1,000	87	175	134	350	181	525	228	700	275	853
41	025	88	200	135	375	182	550	229	725	276	877
42	050	89	225	136	400	183	575	1,0230	750	277	901
43	075	1,0090	250	137	425	184	600	231	775	278	925
44	100	91	275	138	450	185	625	232	800	279	950
45	125	92	300	139	475	186	650	233	825	1,0280	975
1,0046	1,150	1,0093	2,325	1,0140	3,500	1,0187	4,675	1,0234	5,850	1,0281	7,000

Tabelle

zur Reduction der specifischen Gewichte auf Saccharometerprocente nach Balling.

(Fortsetzung.)

Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.
1,0282	7,024	1,0345	8,560	1,0408	10,095	1,0471	11,595	1,0534	13,095	1,0597	14,595
283	048	346	584	409	119	472	619	535	119	598	619
284	073	347	609	1,0410	142	473	642	536	142	599	642
285	097	348	633	411	166	474	666	537	166	1,0600	666
286	122	349	657	412	190	475	690	538	190	601	690
287	146	1,0350	681	413	214	476	714	539	214	602	714
288	170	351	706	414	238	477	738	1,0540	238	603	738
289	195	352	731	415	261	478	761	541	261	604	761
1,0290	219	353	756	416	285	479	785	542	285	605	785
291	244	354	780	417	309	1,0480	809	543	309	606	809
292	268	355	804	418	333	481	833	544	333	607	833
293	292	356	828	419	357	482	857	545	357	608	857
294	316	357	853	1,0420	381	483	881	546	381	609	881
295	341	358	877	421	404	484	904	547	404	1,0610	904
296	365	359	901	422	428	485	928	548	428	611	928
297	389	1,0360	925	423	452	486	952	549	452	612	952
298	413	361	950	424	476	487	976	1,0550	476	613	976
299	438	362	975	425	500	488	12,000	551	500	614	15,000
1,0300	463	363	9,000	426	523	489	023	552	523	615	023
301	488	364	024	427	547	1,0490	047	553	547	616	046
302	512	365	048	428	571	491	071	554	571	617	070
303	536	366	073	429	595	492	095	555	595	618	093
304	560	367	097	1,0430	619	493	119	556	619	619	116
305	584	368	122	431	642	494	142	557	642	1,0620	139
306	609	369	146	432	666	495	166	558	666	621	162
307	633	1,0370	170	433	690	496	190	559	690	622	186
308	657	371	195	434	714	497	214	1,0560	714	623	209
309	681	372	219	435	738	498	238	561	738	624	232
1,0310	706	373	244	436	761	499	261	562	761	625	255
311	731	374	268	437	785	1,0500	285	563	785	626	278
312	756	375	292	438	809	501	309	564	809	627	302
313	780	376	316	439	833	502	333	565	833	628	325
314	804	377	341	1,0440	857	503	357	566	857	629	348
315	828	378	365	441	881	504	381	567	881	1,0630	371
316	853	379	389	442	904	505	404	568	904	631	395
317	877	1,0380	413	443	928	506	428	569	928	632	418
318	901	381	438	444	952	507	452	1,0570	952	633	441
319	925	382	463	445	976	508	476	571	976	634	464
1,0320	950	383	488	446	11,000	509	500	572	14,000	635	488
321	975	384	512	447	023	1,0510	523	573	023	636	511
322	8,000	385	536	448	047	511	547	574	047	637	534
323	024	386	560	449	081	512	571	575	071	638	557
324	048	387	584	1,0450	095	513	595	576	095	639	581
325	073	388	609	451	119	514	619	577	119	1,0640	604
326	097	389	633	452	142	515	642	578	142	641	627
327	122	1,0390	657	453	166	516	666	579	166	642	650
328	146	391	681	454	190	517	690	1,0580	190	643	674
329	170	392	706	455	214	518	714	581	214	644	697
1,0330	195	393	731	456	238	519	738	582	238	645	721
331	219	394	756	457	261	1,0520	761	583	261	646	744
332	244	395	780	458	285	521	785	584	285	647	767
333	268	396	804	459	309	522	809	585	309	648	790
334	292	397	828	1,0460	333	523	833	586	333	649	814
335	316	398	853	461	357	524	857	587	357	1,0650	837
336	341	399	877	462	381	525	881	588	381	651	860
337	365	1,0400	901	463	404	526	904	589	404	652	883
338	389	401	925	464	428	527	928	1,0590	428	653	907
339	413	402	950	465	452	528	952	591	452	654	930
1,0340	438	403	975	466	476	529	976	592	476	655	953
341	463	404	10,000	467	500	1,0530	13,000	593	500	656	976
342	488	405	023	468	523	531	023	594	523	657	16,000
343	512	406	047	469	547	532	047	595	547	658	023
1,0344	8,536	1,0407	10,071	1,0470	11,571	1,0533	13,071	1,0596	14,571	1,0659	16,046

Tabelle
zur Reduction der specifischen Gewichte auf Saccharometerprocente nach Balling.
(Schluß.)

Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.	Spec. Gew.	Entsprechende Saccharometeranzeige in Proc.
1,0660	16,070	1,0671	16,325	1,0681	16,557	1,0691	16,790	1,0701	17,022	1,0711	17,250
661	093	672	348	682	581	692	814	702	045	712	272
662	116	673	371	683	604	693	837	703	067	713	295
663	139	674	395	684	627	694	860	704	090	714	318
664	162	675	418	685	650	695	883	705	113	715	340
665	186	676	441	686	674	696	907	706	136	716	363
666	209	677	464	687	697	697	930	707	158	717	386
667	232	678	480	688	721	698	953	708	181	718	409
668	255	679	511	689	744	699	976	709	204	719	431
669	278	1,0680	16,534	1,0690	16,767	1,0700	17,000	1,0710	17,227	1,0720	18,454
1,0670	16,302										

Die Maischwürze, d. h. der von den Trebern und allen suspendirten Theilen befreite Theil der Maische, besteht aus Zucker und nicht gährungsfähigen Stoffen, die beide einen Einfluß auf das specifische Gewicht oder die Saccharometeranzeige haben. Nennen wir die Saccharometeranzeige der Würze p, die Anzahl der Saccharometergrade, welche dem Zucker entsprechen z, die dem Nichtzucker entsprechen x, so ist

$$p = z + x$$

Durch die Gährung wird der Zucker zerstört, der Nichtzucker bleibt unverändert, es wäre demnach

$$z = p - x$$

wenn der Zucker dabei in eine Flüssigkeit von demselben specifischen Gewicht wie das Wasser verwandelt würde. Da aber der entstehende Alkohol ein weit geringeres specifisches Gewicht wie das Wasser hat und demnach eine dadurch veränderte Saccharometeranzeige giebt, so ist die letzte Gleichung nicht richtig. Der Einfluß des gebildeten Alkohols kann jedoch durch Kochung eliminirt werden.

In dem Maße, wie die Gährung fortschreitet und die **Attenuation** oder Verdünnung zunimmt, sinkt das specifische Gewicht oder die Saccharometeranzeige, bis diese nach Vollendung der Gährung auf einem Minimum stehen bleibt. Da die Flüssigkeit aber mit kohlensaurem Gas während und nach beendigter Gährung gesättigt ist und dieses ebenfalls auf das Saccharometer influirt, so muß dieses vor der Beobachtung entfernt werden. Es geschieht am leichtesten, indem man eine Flasche zur Hälfte mit der Würze füllt, dann verstopft und anhaltend schüttelt, wobei man von Zeit zu Zeit den Kork lüftet, um frische Luft in die Flasche zu führen; oder man kann auch die Flüssigkeit in ein offenes Gefäß bringen und sie darin kurze Zeit mit einer Ruthe peitschen, wobei durch die heftige Bewegung und die vergrößerte Berührung mit der Luft die Kohlensäure verjagt wird; es darf dieses jedoch natürlich nicht so lange fortgesetzt werden, daß durch Verdunstung eine Concentration der Flüssigkeit herbeigeführt werden könnte.

Die Saccharometeranzeige in der von Kohlensäure befreiten Flüssigkeit wird mit m bezeichnet.

Zieht man m von p (der Saccharometeranzeige der Maischwürze) ab, so ergiebt die Differenz, also $p - m$, eine Zahl welche die **scheinbare Attenuation** genannt wird. Diese Differenz drückt nicht die Saccharometerprocente aus, welche dem vergohrenen Zucker entsprechen, weil an die Stelle des Zuckers der Alkohol getreten ist, dessen specifisches Gewicht geringer ist als das des Wassers. Da die scheinbare Attenuation aber immer im geraden Verhältniß zu der Menge des zersetzten Zuckers steht, so giebt ihre Bestimmung das einfachste Mittel an die Hand, um den Verlauf der Gährung zu beobachten.

Es läßt sich ein Factor denken, der, wenn man ihn mit der scheinbaren Attenuation, ausgedrückt in Saccharometerprocenten, multiplicirt, direct den Alkoholgehalt der Flüssigkeit in Gewichtsprocenten ausdrückt. Nennt man diesen Factor a, die scheinbare Attenuation $p - m$, den Alkoholgehalt der Flüssigkeit A, so ist

$$A = (p - m)\, a.$$

Den Werth des Factors a findet man, indem man ein für alle Mal den Werth von A durch eine directe Bestimmung des Alkoholgehalts, wozu später Anweisung gegeben werden wird, feststellt; denn es ist

$$a = \frac{A}{p - m}$$

Die Größe a wird als **Alkoholfactor für die scheinbare Attenuation** bezeichnet. Sie ist jedoch nicht eine constante Größe, sondern ist bedingt und abhängig:

1) von der der Gährung unterworfenen Zuckerart;

2) von der ursprünglichen Concentration oder Saccharometeranzeige der Maischwürze (p), er wechselt bei gewöhnlichem Zucker, je nachdem p zwischen 5 bis 30 Proc. ist, von 0,4294 bis 0,4810; in einer später (S. 175) folgenden Tabelle sind die Factoren für die verschiedenen Concentrationsgrade zusammengestellt;

3) von dem Vergährungsgrade; erst in dem späteren Vergährungsstadium wird der Factor constant.

Mit der Kenntniß dieses Factors kann man also schon aus der vergohrenen, weingaaren Maische die Quantität des zu gewinnenden Alkohols im Voraus berechnen.

Kennt man die scheinbare Attenuation, so kann man

diese leicht in ein einfaches Verhältniß zu dem ursprünglichen Procentgehalt (Saccharometeranzeige) der Maischwürze bringen und danach berechnen, der wievielte Theil von p scheinbar vergohren ist. Dieses Verhältniß von p zu p — m, wobei p = 1 ist, nennt man den scheinbaren Vergährungsgrad = V; man findet ihn nach der einfachen Proportion

$$p : p - m = 1 : V$$

es ist dabei

$$V = \frac{p - m}{p}$$

Es ist, um ein Beispiel anzuführen, die ursprüngliche Saccharometeranzeige p = 24 Proc., die der weingaaren Maischwürze m = 2 Proc., so ist

$$V = \frac{24 - 2}{24} = \frac{22}{24} = 0{,}917$$

d. h. von je 1 Proc. der ursprünglichen Concentration ist 0,917 Proc. durch die Gährung verschwunden, oder 0,917 ist der scheinbare Vergährungsgrad der gegohrenen Flüssigkeit.

Wird der scheinbare Vergährungsgrad V gegeben und ist m bekannt, so kann man danach leicht den Werth für p finden, oder ist p bekannt, so läßt sich damit m berechnen. Ist V = 0,917 und m = 2, so ist nach der oben für den Werth von V aufgestellten Gleichung

$$0{,}917 = \frac{p - 2}{p}$$

woraus

$$0{,}917\ p = p - 2$$

$$p - 0{,}917\ p = 2$$

$$0{,}083\ p = 2$$

$$p = \frac{2}{0{,}083} = 24$$

Oder ist der Werth von p bekannt = 24, der von m aber unbekannt, so ist:

$$0{,}917 = \frac{24 - m}{24}$$

$$22 = 24 - m$$

$$m = 2$$

Da man also aus dem scheinbaren Vergährungsgrade die scheinbare Attenuation berechnen kann und aus dieser der Alkoholgehalt der Flüssigkeit abzuleiten ist, so kann man diesen auch berechnen, wenn man den scheinbaren Vergährungsgrad und eine der Größen p oder m kennt.

Wir haben bisher nur die gegohrene, also alkoholhaltige Flüssigkeit betrachtet; befreiet man die Flüssigkeit von dem Alkohol und ersetzt diesen durch Wasser, so beseitigt man den Einfluß des specifischen Gewichts des Alkohols und kommt so auf die wirkliche Attenuation. Die durch Schütteln oder Schlagen vollständig von Kohlensäure befreite Flüssigkeit bringt man in einen Kessel von Messingblech und bestimmt das Gewicht der Flüssigkeit mit dem Kessel. Hierauf erhitzt man vorsichtig zum Kochen, wobei namentlich Anfangs ein Ueberkochen durch Regulirung der Wärme sorgsam zu vermeiden ist, und setzt das Erhitzen so lange fort, bis ungefähr zwei Drittel der Flüssigkeit verdampft sind.

Alsdann läßt man den Kessel mit seinem Inhalt erkalten, bringt ihn auf die Wage und fügt so viel Wasser zu, bis genau das erste Gewicht wieder hergestellt ist. Die gekochte Flüssigkeit (mit diesem Namen werde sie der Kürze halber in Folge bezeichnet) wird auf die Temperatur des Saccharometers gebracht und dann ihr Gehalt mit diesem Instrumente bestimmt. Diese Saccharometerprocente n abgezogen von den ursprünglichen Saccharometerprocenten der ungegohrenen Maischwürze p geben die wirkliche Attenuation, diese ist also = p — n.

Ebenso wie bei der scheinbaren Attenuation läßt sich nun ein Factor denken, der bei der Multiplication mit der wirklichen Attenuation direct den Alkoholgehalt der Flüssigkeit giebt. Ist dieser Factor = b, die wirkliche Attenuation = p — n, der Alkoholgehalt = A, so ist

$$A = (p - n)\ b$$

Der Werth des Factors b läßt sich indirect durch Rechnung, direct durch Destillation und Bestimmung des Alkoholgehalts des Destillats finden; denn wenn A bekannt ist, so ist

$$b = \frac{A}{p - n}$$

Die Größe b ist der Alkoholfactor für die wirkliche Attenuation. Für die Berechnung dieses Factors mußte man annehmen, daß bei der Gährung zunächst 1 Aeq. Rohrzucker 1 Aeq. Wasser aufnehme, um in Traubenzucker überzugehen, und sich dann in 2 Aeq. Alkohol und 4 Aeq. Kohlensäure spalte. Es würden daher 100 Th. Rohrzucker sich in 105,263 Th. Traubenzucker verwandeln und 53,801 Th. Alkohol und 51,462 Th. Kohlensäure bilden. Ehe man wußte, was erst durch die neuesten Forschungen dargethan ist, daß bei der Gährung stets ein Theil des Zuckers in Bernsteinsäure und Glycerin verwandelt werde, hatte man doch schon beobachtet, daß bei der Gährung nie die theoretisch berechnete Menge der beiden Producte entstehe. Balling nahm nun an, und dieses dürfte nach den neuesten Erfahrungen ganz maßgebend sein, daß 100 Th. Rohrzucker genau ihr gleiches Gewicht an Alkohol und Kohlensäure liefern, und zwar daß dabei 51,111 Th. Alkohol und 48,889 Th. Kohlensäure entständen. Diese Angaben beziehen sich auf reine Zuckerlösungen, die durch Hefe in Gährung versetzt sind, und worin also, da es an stickstoffhaltigen Bestandtheilen fehlt, nur eine sehr beschränkte Vermehrung der Hefe eintreten kann. Anders ist es bei der Gährung von Bierwürzen oder Branntweinmaischen, wo ein größerer Theil des Extracts immer zur Bildung von Hefe verbraucht wird. Nach zahlreichen Beobachtungen von Balling sollen dabei 100 Gewichtstheile Extract zerfallen in 48,391 Th. Alkohol, 46,286 Th. Kohlensäure und 5,323 Th. Hefe, also auf 100 Th. Alkohol sollen jedesmal 11 Th. Hefe gebildet werden. Ob diese Zahlen theoretisch streng richtig sind, ist wohl fraglich, da die Menge der gebildeten Hefe gewiß unter Umständen sehr verschieden ist. Für die Praxis genügen diese Annahmen jedoch vollkommen. Berechnet man unter dieser letzteren Voraussetzung die Alkoholfactoren, so erhält man mit den direct durch Destillation gefundenen Zahlen durchaus übereinstimmende Werthe. Die in der Tabelle S. 175 gegebenen Werthe für die Alkoholfactoren der wirklichen Attenuation sind nach diesen Zahlen bestimmt, nach einer Methode, deren Deduction hier zu weit führen würde.

Hatten wir oben den scheinbaren Vergährungsgrad oder das Verhältniß des Extractgehalts der Würze zu der scheinbaren Attenuation berechnet, so läßt sich eben so gut der **wirkliche Vergährungsgrad** oder das Verhältniß des Extractgehalts der Würze zu der wirklichen Attenuation ermitteln. Nennen wir die wirkliche Attenuation (p — n) = 1, so ist

$$p : p - n = 1 : V'$$

oder

$$V' = \frac{p - n}{p}$$

V' oder der wirkliche Vergährungsgrad weist nach, welcher Bruchtheil von 1 Th. Extract wirklich vergohren ist.

Nach dem wirklichen Vergährungsgrade V' kann man, wenn eine Größe n oder p bekannt ist, die Werthe für die unbekannte Größe p oder n finden. V' sei = 0,875, n = 1, p unbekannt, so ist

$$0{,}875 = \frac{p - 1}{p}$$

woraus

$$0{,}875\ p = p - 1$$
$$1 = 0{,}875\ p$$
$$p = 8$$

Es kann aber der Fall eintreten, daß der Vergährungsgrad zweier sehr verschiedener Würzen ganz gleich ist, es wird dann aber auch n eine andere Größe sein. V' sei z. B. wieder = 0,875, n = 3, so ist

$$0{,}875 = \frac{p - 3}{p}$$

woraus

$$0{,}875\ p = p - 3$$
$$3 = 0{,}875\ p$$
$$p = 24$$

Die Ermittlung des wirklichen Vergährungsgrades hat in der Praxis das größte Interesse, in so fern sie direct in Procenten nachweist, wie viel Procent des Extractgehalts der Maische wirklich vergohren sind. Nennt man den Extractgehalt p = 1 und ist der Vergährungsgrad 0,875 gefunden, so zeigt dies an, daß $\frac{875}{1000}$ des Extracts oder 87,5 Proc. in Alkohol verwandelt sind. Man wird also bei einer Probemaischung mit verändertem Material, bei einem Versuch über dünneres und dickeres Maischen, sobald die Gährung richtig verlaufen ist, sofort in Zahlen ausdrücken, um wie viel günstiger oder ungünstiger der Versuch ausgefallen ist, wodurch ein einfaches Rechenexempel den Vortheil oder Nachtheil der veränderten Methode in Thalern und Groschen zeigt.

Die scheinbare Attenuation = p — m ist immer größer, als die wirkliche Attenuation = p — n. Subtrahirt man daher von der ersteren die letztere, so erhält man die Differenz beider

$$= (p - m) - (p - n)$$

Um diese Werthe in Zahlen auszudrücken, sei p = 12, m = 1, n = 3, so ist

$$p - m = 11$$
$$p - n = 9$$
$$\text{Differenz} = 2$$

Dieselbe Zahl erhält man aber auch, wenn man m direct von n abzieht, denn

$$n = 3$$
$$m = 1$$
$$\text{Differenz} = 2$$

Diese Differenz in Saccharometerprocenten ausgedrückt, ist die **Attenuationsdifferenz**, man bezeichnet sie mit D. Es ist also

$$D = n - m$$

Da die beiden Werthe n und m sich dadurch unterscheiden, daß n in Saccharometerprocenten den wirklich unzersetzten Antheil der Würze repräsentirt, während m derselbe Werth, aber beeinflußt durch das verschiedene specifische Gewicht des gebildeten Alkohols ist, so ergiebt sich, daß die Attenuationsdifferenz immer größer werden muß, je weiter die Gährung kommt, je mehr Alkohol also gebildet wird; es steht daher die Attenuationsdifferenz auch in geradem Verhältniß zu dem Alkoholgehalt der Flüssigkeit.

Bei diesem Zusammenhang des Alkoholgehalts mit der Attenuationsdifferenz läßt sich auch hier ein Factor c denken, der mit der Attenuationsdifferenz multiplicirt unmittelbar den Alkoholgehalt A der Flüssigkeit in Gewichtsprocenten finden läßt. Es ist demnach

$$A = (n - m)\ c$$

Den Werth des Factors stellt man durch Destillationsversuche fest, indem man A bestimmt, denn es ist

$$c = \frac{A}{n - m}$$

Der Factor c wird der **Alkoholfactor für die Attenuationsdifferenz** genannt.

Der Alkoholfactor ist um etwas verschieden, je nach der Concentration der ursprünglichen Flüssigkeit, er behält aber bei derselben gährenden Flüssigkeit für jeden Vergährungsgrad denselben Werth. Die verschiedenen Werthe der Factoren je nach der Concentration der Würze finden sich in der Tabelle S. 175.

Dividirt man die scheinbare Attenuation = p — m mit der wirklichen Attenuation = p — n, so erhält man einen **Attenuationsquotienten**, der durch q bezeichnet wird; es ist demnach

$$q = \frac{p - m}{p - n}$$

Dieser Quotient ist verschieden für verschiedene Concentrationen der Würze, in derselben Lösung ist er aber in den späteren Vergährungsgraden, sobald die Attenuationsdifferenz sich der Zahl 1,0 nähert, ziemlich constant. Da der Attenuationsquotient das Verhältniß der wirklichen und der scheinbaren Attenuation ausdrückt, so zeigt er auch, um wieviel größer diese wie jene ist. Die Attenuationsquotienten für Zuckerlösungen von 5 bis 30 Proc. sind durch Versuche ermittelt und in der fünften Spalte der Tabelle S. 175 zusammengestellt.

Mittelst des Attenuationsquotienten lassen sich die meisten der saccharometrischen Rechnungen ausführen. Man findet damit nämlich:

1) Die Werthe der Alkoholfactoren für die scheinbare Attenuation = a. Dividirt man die oben (S. 168 u. 170) aufgestellten Gleichungen zur Berechnung des Alkoholgehalts der gegohrenen Flüssigkeit aus der scheinbaren und wirklichen Attenuation:

$$A = (p - m)\,a$$

und

$$A = (p - n)\,b$$

also

$$\frac{A}{A} = \frac{(p - m)\,a}{p - n\,b}$$

so erhält man

$$\frac{b}{a} = \frac{p - m}{p - n}$$

und da

$$\frac{p - m}{p - n} = q$$

so ist auch

$$\frac{b}{a} = q$$

und daraus ist

$$a = \frac{b}{q}$$

Man erhält also den **Alkoholfactor für die scheinbare Attenuation, wenn man jenen für die wirkliche Attenuation mit dem zukommenden Attenuationsquotienten dividirt.**

2) Die Werthe der Alkoholfactoren für die Attenuationsdifferenz = c. Zur Berechnung des Alkoholgehalts aus der wirklichen Attenuation und der Attenuationsdifferenz gelten folgende Gleichungen (S. 170 u. 172):

$$A = (p - n)\,b \text{ und } A = (n - m)\,c$$

hiernach ist auch

$$(p - n)\,b = (n - m)\,c \ldots\ldots\ldots\ldots (I.)$$

Sucht man aus der Gleichung für den Attenuationsquotienten

$$q = \frac{p - m}{p - n}$$

den Werth von m, so ist

$$m = p - (p - n)\,q$$

und setzt man diesen statt m in die Gleichung I., so erhält man:

$$(p - n)\,b = (n - [p - (p - n)\,q])\,c$$

Die Auflösung dieser Gleichung ist:

$$(p - n)\,b = [n - p + (p - n)q]\,c$$
$$(p - n)\,b = [-(p - n) + (p - n)\,q]\,c$$
$$(p - n)\,b = (p - n)\,(q - 1)\,c$$
$$b = (q - 1)\,c$$
$$c = \frac{b}{q - 1} \ldots\ldots\ldots\ldots (II.)$$

Man erhält also den **Alkoholfactor für die Attenuationsdifferenz, indem man den Alkoholfactor für die wirkliche Attenuation durch den Attenuationsquotienten — 1 dividirt.**

Dieser Alkoholfactor wird namentlich bei der Untersuchung gegohrener Flüssigkeiten angewandt, bei welchen der Werth von p, d. h. der Extractgehalt der Maischwürze unbekannt ist. Seine Werthe schwanken immer innerhalb geringer Grenzen, so daß man bei vorläufiger annähernder Berechnung eine Mittelzahl dafür zu Grunde legen kann.

3) Die Bezeichnung des scheinbaren und wirklichen Vergährungsgrades zu einander; um diese nachzuweisen, sind die für beide Größen angegebenen Gleichungen (S. 169 u. 171) in Proportion zu bringen. Es war:

$$V = \frac{p - m}{p} \qquad V' = \frac{p - n}{p}$$

Es verhält sich also:

$$V : V' = \frac{p - m}{p} : \frac{p - n}{p}$$
$$V : V' = p - m : p - n$$

da aber

$$p - m : p - n = q : 1$$

so verhält sich auch

$$V : V' = q : 1$$

oder

$$\frac{V}{V'} = q$$

und

$$V' = \frac{V}{q}$$

Man findet also den **wirklichen Vergährungsgrad, wenn man den scheinbaren Vergährungsgrad mit dem Attenuationsquotienten dividirt, welcher dem ursprünglichen Werthe von p zukommt.**

4) Die ursprüngliche Saccharometeranzeige der Flüssigkeit, aus welcher die gegohrenen Flüssigkeiten gewonnen wurden. Da der Attenuationsquotient

$$q = \left(\frac{p - m}{p - n}\right)$$

ist, so muß der Werth für

$$p = \left(\frac{nq - m}{q - 1}\right)$$

sein. Der Werth für p läßt sich aber auch noch auf andere Weise finden. Jetzt ist

$$A = (p - n)\,b$$

und

$$A = (n - m)\,c$$

es ist also auch

$$(p - n)\,b = (n - m)\,c$$

Der Werth von c ist aber bestimmt (s. S. 173 II.)

$$c = \frac{b}{q - 1}$$

Bringt man diesen Werth in obige Gleichung an die Stelle von c, so ist

$$(p - n)\;b = (n - m)\;\frac{b}{q - 1}$$

also

$$p - n = \left(\frac{n - m}{q - 1}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots (I.)$$

wird beiderseits n hinzuaddirt, so ist

$$p - n + n = \left(\frac{n - m}{q - 1}\right) + n$$

woraus also

$$p = \left(\frac{n - m}{q - 1}\right) + n \ldots\ldots\ldots\ldots (II.)$$

Aus der Gleichung:

$$(p - n)\,b = (n - m)\,c$$

kann noch auf andere Weise der Werth von p ermittelt werden. Es ist nämlich hieraus:

$$\frac{c}{b} = \left(\frac{p - n}{n - m}\right)$$

$$\frac{c}{b} = (n - m) = p - n$$

und

$$p = \frac{c}{b}(n - m) + n \ldots\ldots\ldots\ldots (III.)$$

Die Werthe c und b sind für jede ursprüngliche Concentration der Flüssigkeit constante Größen, m und n werden durch die Prüfung mit dem Saccharometer festgestellt. Aus den bekannten Werthen von c und b sind die Werthe für $\frac{c}{b}$ berechnet und in die letzte Spalte der folgenden Tabelle eingetragen. Indem man diese also in die Gleichung II. oder III. einfügt, kann man den Werth von p ermitteln.

Man findet auf diese Weise zunächst die ursprüngliche Saccharometeranzeige der zuckerhaltigen Flüssigkeit, woraus die gegohrene entstanden ist, und wenn diese bekannt geworden, so kann man mit Hülfe der Alkoholfactoren die Alkoholgehalte und alle übrigen Attenuationsverhältnisse berechnen.

Tabelle

der Alkoholfactoren und Attenuationsquotienten für die Gährung der Branntweinmaischwürzen und Bierwürzen von 6 bis 30 Procent Extractgehalt derselben.

Ursprüngliche Concentration der Würze in Saccharometer-Procenten.	Alkoholfactoren für die scheinbare Attenuation.	Alkoholfactoren für die wirkliche Attenuation.	Attenuations-Differenz.	Attenuations-Quotienten.	Werth von $\frac{c}{b}$
= p.	= a.	= b.	= c.	= q.	
6	0,4073	0,4993	2,2096	1,226	4,4247
7	0,4091	0,5020	2,2116	1,227	4,4052
8	0,4110	0,5047	2,2137	1,228	4,3859
9	0,4129	0,5074	2,2160	1,229	4,3668
10	0,4148	0,5102	2,2184	1,230	4,3478
11	0,4167	0,5130	2,2209	1,231	4,3289
12	0,4187	0,5158	2,2234	1,232	4,3103
13	0,4206	0,5187	2,2262	1,233	4,2918
14	0,4226	0,5215	2,2290	1,234	4,2734
15	0,4246	0,5245	2,2319	1,235	4,2553
16	0,4267	0,5274	2,2350	1,236	4,2372
17	0,4288	0,5304	2,2381	1,237	4,2194
18	0,4309	0,5334	2,2414	1,238	4,2016
19	0,4330	0,5365	2,2448	1,239	4,1840
20	0,4351	0,5396	2,2483	1,240	4,1666
21	0,4373	0,5427	2,2519	1,241	4,1493
22	0,4395	0,5458	2,2557	1,242	4,1322
23	0,4417	0,5490	2,2595	1,243	4,1152
24	0,4439	0,5523	2,2636	1,244	4,0983
25	0,4462	0,5555	2,2677	1,245	4,0816
26	0,4485	0,5589	2,2719	1,246	4,0650
27	0,4508	0,5622	2,2763	1,247	4,0485
28	0,4532	0,5656	2,2808	1,248	4,0322
29	0,4556	0,5690	2,2854	1,249	4,0160
30	0,4580	0,5725	2,2902	1,250	4,0000

Anwendung der Attenuationslehre. In der Spiritusfabrikation wird der Fall am häufigsten eintreten, daß man in einer gegohrenen Maische den zu erwartenden Alkoholgehalt (= A) im Voraus zu bestimmen wünscht. Es kann dieses, sobald man die Saccharometeranzeige der Würze unmittelbar nach dem Zugeben der Hefe bestimmt hat, auf dreierlei Weise geschehen. Indem man die scheinbare Attenuation mit dem dieser zukommenden Factor multiplicirt, oder indem man die wirkliche Attenuation mit ihrem Factor multiplicirt, oder endlich indem man die Attenuationsdifferenz mit ihrem Factor multiplicirt. Alle drei Methoden geben dieselben Werthe. Es sei z. B. die ursprüngliche Saccharometeranzeige der Würze vor der Gährung p = 16,2 Proc., die Saccharometeranzeige nach der Gährung m = 1, die Saccharometeranzeige der gekochten Flüssigkeit n = 3,9.

1) Berechnung nach der scheinbaren Attenuation

$$A = (p - m)\,a$$

Da der Werth von p bekannt = 16,2 Proc. ist, so sucht man zunächst den Werth des Factors a für diese Concentration in der Tabelle, wobei man die Decimalstelle, da sie unter 0,5 ist, nicht berücksichtigt. Man findet den Werth des Factors a für eine Concentration von 16 Proc. = 0,4267, es ist also

$$(p - m)\,a = (16{,}2 - 1)\,a = 15{,}2 \,.\, a = 15{,}2 \,.\, 0{,}4267$$
$$= 6{,}48584 = A.$$

2) Berechnung nach der wirklichen Attenuation

$$A = (p - n)\,b.$$

Der Werth für n ist, wie oben (S. 169) beschrieben, in der gekochten Flüssigkeit bestimmt. Den Werth des Factors b findet man in der Tabelle für eine Concentration von 16 Proc., er ist = 0,5274, es ist also

$$(p - n)\,b = (16{,}2 - 3{,}9)\,b = 12{,}3 \,.\, b = 12{,}3 \,.\, 0{,}5274$$
$$= 6{,}48702 = A.$$

3) Berechnung nach der Attenuationsdifferenz

$$A = (n - m)\,c$$

Die Werthe für n und m sind bekannt. Der Factor c ist für die Concentration von 16 Proc. nach der Tabelle = 2,2350, es ist also

$$(n - m) c = (3{,}9 - 1) c = 2{,}9 . c = 2{,}9 . 2{,}2350$$
$$= 6{,}4815 = A.$$

Der Alkoholgehalt = A beträgt demnach 6,48 Proc. und die Würze besteht aus

Alkohol	6,48
Unvergohrenem Extract (n)	3,90
Wasser	89,62
	100,00

Den scheinbaren Vergährungsgrad V und den wirklichen Vergährungsgrad V′ findet man, indem man die scheinbare oder die wirkliche Attenuation durch die Saccharometeranzeige der Würze, gleich nach dem Zugeben der Hefe, dividirt, nach den Gleichungen

$$V = \frac{p - m}{p} \text{ und } V' = \frac{p - n}{p}$$

In obigem Beispiel ergeben sich daher folgende Werthe

$$\frac{p - m}{p} = \frac{16{,}2 - 1}{p} = \frac{15{,}2}{p} = \frac{15{,}2}{16{,}2} = 0{,}938 = V$$
$$\frac{p - n}{p} = \frac{16{,}2 - 3{,}9}{p} = \frac{12{,}3}{p} = \frac{12{,}3}{16{,}2} = 0{,}759 = V'$$

Es ergiebt sich daraus, daß 75,9 Proc. des in der Würze enthaltenen Extracts vergohren sind, daß aber 24,1 Proc. des Gehalts der Würze in die Schlempe übergehen.

Es wird häufig der Fall eintreten, daß man die ursprüngliche Saccharometeranzeige der Würze, also den Werth für p nicht kennt. Diesen findet man, wie oben angegeben ist, nach den Gleichungen:

$$p = \left(\frac{n - m}{q - 1}\right) + n \text{ oder } p = \frac{c}{b}(n - m) + n.$$

Da der Werth von p unbekannt ist, so kann man auch nicht unmittelbar den Werth von q oder von $\frac{c}{b}$ aus der Tabelle entnehmen. Man bestimmt deshalb zuerst den Werth von p erst annäherungsweise, indem man für den Factor q einen Mittelwerth der Zahlen, also 1,24 annimmt, um später wenn man p nahezu kennt, den richtigen Werth in die Gleichung einzufügen. Wir behalten die Zahlen des vorigen Beispiels bei: n = 3,9; m = 1, es ist dann

$$p = \left(\frac{n - m}{q - 1}\right) + n = \left(\frac{3{,}9 - 1}{q - 1}\right) + n = \left(\frac{2{,}9}{q - 1}\right) + n$$
$$= \left(\frac{2{,}9}{1{,}24 - 1}\right) + n = \left(\frac{2{,}9}{0{,}24}\right) + n = 12{,}1 + n$$
$$= 12{,}1 + 3{,}9 = 16{,}0 = p.$$

Da der Werth von p hiernach sehr annäherungsweise = 16 ist, so sucht man in der Tabelle den dieser Zahl entsprechenden Werth von q und schaltet ihn in die Gleichung ein. Es ist nach der Tabelle der Werth von q für 16procentige Würze = 1,236, demnach ist:

$$p = \left(\frac{n - m}{q - 1}\right) + n = \left(\frac{3{,}9 - 1}{q - 1}\right) + n = \left(\frac{2{,}9}{q - 1}\right) + n$$
$$= \left(\frac{2{,}9}{1{,}236 - 1}\right) + n = \left(\frac{2{,}9}{0{,}236}\right) + n = 12{,}288 + n$$
$$= 12{,}288 + 3{,}9 = 16{,}188 = p.$$

Oder nach der anderen Gleichung berechnet, nachdem der Werth für p annähernd zu 16 gefunden ist, zeigt die Tabelle den Werth für $\frac{c}{b} = 4{,}2372$. Es ist demnach

$$p = \frac{c}{b}(n - m) + n = 4{,}2372 . (n - m) + n$$
$$= 4{,}2372 . (3{,}9 - 1) + n = 4{,}2372 . 2{,}9 + n = 12{,}288 + n$$
$$= 12{,}288 + 3{,}9 = 16{,}188 = p.$$

Hat man so den Werth von p gefunden, so berechnet man darnach mit Hülfe der obigen Gleichungen den Alkoholgehalt ꝛc. Die Kenntniß des Werths von p gestattet eine sehr wirksame Controle des ganzen Betriebes und zwar namentlich in der Bierbrauerei, wo man bei der saccharometrischen Prüfung des fertigen Products damit einen Rückschluß auf die Beschaffenheit der Würze und somit auf die Quantität des angewandten Rohmaterials thun kann. In manchen Brennereien trifft der Besitzer mit dem Brennereiinspector die Uebereinkunft, ihm einen gewissen Gewinnantheil nach dem Ausbringen an Spiritus von 100 Theilen Rohmaterial oder vom Volum der Gährgefäße zu zahlen. Dabei liegt nun die Verführung sehr nahe, eine concentrirtere Maische anzuwenden, als contractlich bedungen ist. Mit Hülfe der Kenntniß der Attenuationslehre werden solche Unterschleife unmöglich gemacht, da es nur einer Bestimmung der scheinbaren und wirklichen Attenuation bedarf, um jede begangene Unredlichkeit zu entdecken, sobald man nur durch einen Versuch die Concentration der Würze festgestellt hat, wie sie sich bei Anwendung der vereinbarten Menge Rohmaterial ergeben muß.

Da man in den Brennereien, wie in den Brauereien seine Producte nicht dem Gewicht, sondern dem Maß nach bestimmt und da der Alkohol auch nur nach dem Gemäß in den Handel gebracht wird, so müssen die dem Gewicht nach bestimmten Größen auf Volumeinheiten berechnet werden. Ferner hat man in den Brennereien nicht mit Würzen, sondern mit Maischen zu thun, die also noch die Treber enthalten, deren Gewicht also von dem Gewicht der Maische abgezogen werden muß, um das Gewicht der Maischwürze, für welche die saccharometrischen Bestimmungen gemacht sind, zu finden.

Angenommen, man habe 1000 pr. Quart vergohrener Maische, von der 100 Gewichtstheile enthalten:

Alkohol	6,48
Unvergohrenen Extract	3,90
Wasser	89,62
	100,00

Zur Bereitung dieser Maische seien verwandt 500 Pfd. Roggenschrot und 100 Pfd. Luftmalz; nimmt man für beide 33 Proc. trockne Treber an, so sind in den 1000 Quart Maische 198 Pfd. Treber enthalten. Ohne einen sehr großen Fehler zu begehen, kann man wohl das specifische Gewicht der Treber gleich dem der Maische setzen und so in Rechnung bringen.

Die vergohrene Würze zeigte 1 Proc. am Saccharometer, ihr specifisches Gewicht ist daher nach der Tabelle S. 163 gleich 1,004. Da 1 Quart Wasser 2,287 Pfd. wiegt, so multiplicirt man dieses Gewicht mit dem specifischen Gewicht der Maischwürze, um das Gewicht eines Quarts Maischwürze zu erhalten; es ist dies also

2,287 . 1,004 = 2,296. Die 1000 Quart der Maische würden daher, wenn sie keine Treber enthielten, 2296 Pfd. wiegen. Zieht man hiervon das Gewicht der Treber mit 198 Pfd. ab, so bleiben 2296 — 198 = 2098 oder abgerundet 2100 Pfd. für das Gewicht der Würze.

Nach obiger procentischer Zusammensetzung enthalten diese 2100 Pfd. Würze demnach:

Alkohol	136 Pfd.
Unvergohrenes Extract	82 „
Wasser	1882 „
	2100 Pfd.

Da das specifische Gewicht des Alkohols = 0,794 ist, so wiegt 1 Quart Alkohol 2,287 . 0,794 = 1,816 Pfd. 1 Pfd. Alkohol ist daher $\frac{1}{1,816}$ = 0,5507 Quart.

Die in den 1000 Quart Maische enthaltenen 136 Pfd. Alkohol sind demnach 136 . 0,5507 = 74,89 Quart absoluter Alkohol oder 7489 Quartprocente.

Der Ausdruck **Quartprocent** ist gegenwärtig im Spiritushandel ein allgemein angenommenes Maß, um darnach den Werth einer alkoholischen Flüssigkeit auszudrücken. Er ist darauf begründet, daß 1 Quart 100 Procent absoluten Alkohol enthält. Es werden demnach 100 Quart Alkohol von 1 Proc., 50 Quart von 2 Proc., 25 Quart von 4 Proc. immer 100 Quartprocente enthalten. Ebenso wird 1 Quart Branntwein von 40 Proc. auch 40 Quartprocente, 1 Quart Spiritus von 90 Proc. 90 Quartprocente enthalten.

Hat man daher eine gegebene Anzahl von Quartprocenten und will wissen, wie viel Quart Spiritus oder Branntwein von gewisser Stärke diese liefern werden, so braucht man die Quartprocente nur durch den beabsichtigten Procentgehalt zu dividiren. Es werden demnach die 7489 Quartprocente der Maische $\frac{7489}{90}$ = 83,2 Quart Spiritus von 90 Proc., oder $\frac{7489}{40}$ 187,2 Quart Branntwein von 40 Proc. geben.

Annähernd genau kann man auch die Gewichtsprocente des Alkohols in der Maische auf Volumprocente mit Hülfe der alkoholometrischen Tabellen, die am Schluß gegeben werden sollen, berechnen. Eine Flüssigkeit, welche 6,48 Gewichtsprocent Alkohol enthält, hat nach den Tabellen von **Drinkwater** 0,9889 spec. Gew. Diesem specifischen Gewicht entsprechen 8 Vol.-Proc. Alkohol. 1 Quart der Maischwürze wiegt aber 2,287 . 1,004 = 2,296 Pfd., die 2100 Pfd. Würze sind demnach $\frac{2100}{2,296}$ = 915 Quart. 915 Quart zu 8 Procent sind 915 . 8 = 7320 Quartprocente, was zwar nicht absolut, aber doch sehr annähernd mit obiger Rechnung, die 7489 Quartprocente ergab, übereinstimmt.

Die Destillation. Da der Siedpunkt des Alkohols um ein Bedeutendes niedriger liegt, als der des Wassers, so läßt sich aus einer alkoholischen Flüssigkeit durch Erhitzung und Wiederverdichtung der Dämpfe ein alkoholreicheres Destillat gewinnen, wenn man die Destillation unterbricht, ehe die Gesammtmenge der Flüssigkeit übergegangen ist. Selbst aus verdünnten alkoholischen Flüssigkeiten erhält man, wenn die Erhitzung nicht zu stürmisch geleitet wird, zuerst ein sehr alkoholreiches Destillat, nach und nach nimmt der Alkoholgehalt des Destillats ab, sein Wassergehalt wird immer größer, bis zuletzt aller Alkohol verdampft ist und nur noch Wasser übergeht. In diesem Stadium wird man bei der Alkoholgewinnung unter allen Umständen die Destillation unterbrechen und den Rückstand als alkoholfrei beseitigen. Die Destillation bezweckt aber nicht allein die Concentration des Alkohols, sondern zunächst auch die Abscheidung desselben aus der vergohrenen Maische.

Die vergohrene oder weingaare Maische besteht aus flüchtigen und nicht flüchtigen Bestandtheilen, die je nach der größeren oder geringeren Concentration der ursprünglichen Maische, je nach dem vollständigeren oder unvollständigeren Vergährungsgrade in größerer oder geringerer Menge darin enthalten sind. Die flüchtigen Bestandtheile sind: Wasser, Alkohol, Fuselöle oder homologe Alkohole, die sich stets neben dem Weingeist bei der Gährung bilden, und geringe Mengen von Essigsäure, entstanden durch Zersetzung des Alkohols durch zu lange Berührung mit der Luft. Die nicht flüchtigen Bestandtheile sind: alle die Stoffe, welche wir unter dem Namen Treber zusammengefaßt haben, also die Hülsen und Membranen der Getreidekörner, die Schalen und das Zellgewebe der Kartoffeln, die nicht löslichen Theile der Rüben, des Obstes rc., ferner sind nicht flüchtig die nicht vergohrenen Theile des Extractes, also Zucker, Dextrin, die mineralischen Bestandtheile, endlich die Milchsäure, Bernsteinsäure, das Glycerin; die letzteren drei sind wenigstens bei der Temperatur der siedenden Maische als nicht flüchtig zu bezeichnen.

Von den flüchtigen Bestandtheilen siedet der Alkohol bei der niedrigsten Temperatur, dann folgt das Wasser, die Essigsäure, die Fuselöle. Ein Gemisch von allen vier Stoffen wird daher bei um so niedrigerer Temperatur sieden, je höher sein Alkoholgehalt ist, es wird demnach der Siedpunkt sich um so weiter von dem der sonstigen Bestandtheile entfernen, je concentrirter, alkoholreicher, die Flüssigkeit wird. Da Letzteres durch mehrfach wiederholte Destillationen erreicht wird, so folgt daraus von selbst, daß dadurch auch die Entfernung der fremden Bestandtheile herbeigeführt wird.

Die Abscheidung des Alkohols aus der Maische, die Destillation, kann auf sehr verschiedene Weise, mit einfachen und complicirten Apparaten ausgeführt werden.

Die älteste Methode besteht darin, daß man die Maische so lange destillirt, bis aller Alkohol übergegangen ist. Das Destillat wird **Lutter** genannt, der Rückstand ist die **Schlempe**. Je nachdem die Maische reicher oder ärmer an Alkohol ist, muß davon ein größerer oder kleinerer Theil verdampft werden, um allen Alkohol im Lutter zu concentriren. Nach Erfahrungen von **Gall** erreicht man dieses

1) bei Maische von 3 Proc. Alkoholgehalt, wenn von 100 Pfd. derselben 20 Pfd. abgetrieben werden; auf jedes Pfund Alkohol müssen also $5^2/_3$ Pfd. Wasser destillirt werden, der Lutter enthält dann 15 Proc. Alkohol;

2) bei Maische von 4 Proc., wenn von 100 Pfd. derselben 25 Pfd. abgetrieben werden; auf jedes Pfund

Alkohol also $5\frac{1}{4}$ Pfd. Wasser, der Lutter enthält dann 16 Proc. Alkohol;

3) bei Maische von 5 Proc., wenn von 100 Pfd. derselben 29 Pfd. abgetrieben werden; auf jedes Pfund Alkohol also $4\frac{4}{5}$ Pfd. Wasser, der Lutter enthält dann 17,2 Proc. Alkohol;

4) bei Maische von 6 Proc., wenn von 100 Pfd. derselben 33 Pfd. abgetrieben werden; auf jedes Pfund Alkohol also $4\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser, der Lutter enthält dann 18,18 Proc. Alkohol.

Diese Zahlen können natürlich nur als Annäherungen gelten, sie geben aber insofern einen Anhalt, als man daraus ersieht, bei welchem Quantum von Destillat man eine genauere Prüfung vornehmen muß, um sich von dem beendigten Abtrieb zu überzeugen. Es giebt zu dieser Prüfung verschiedene Methoden, die einzig exacte ist aber die der Anwendung des Alkoholometers. Dieses Instrument muß in dem zuletzt übergehenden Theile des Lutters bis zu seinem Nullpunkt einsinken, erst dann ist man sicher, allen Alkohol gewonnen zu haben. Balling construirte zu dieser Prüfung ein eigenes kleines Aräometer, dessen Schwimmgefäß im Verhältniß zur Spindel sehr groß ist und daher für geringe Abweichungen im specifischen Gewicht große Empfindlichkeit zeigt. Auf dieser Lutterwage ist nur ein Punkt angegeben, nämlich der, bis zu welchem das Instrument in reinem Wasser einsinkt; diese Lutterwage kann für die Prüfung des Ablaufs das Alkoholometer ersetzen und empfiehlt sich durch ihren billigen Preis; sie sollte daher in keiner Brennerei, welche die Blasen ganz abtreiben muß, fehlen.

Der Lutter ist nie völlig wasserhell und klar, sondern immer bläulich und sogar milchweiß gefärbt. Es rührt dieses von dem Gehalt an Fuselölen her. Diese sind in starkem Alkohol löslich, in schwachem Alkohol und Wasser aber unlöslich. Im Lutter scheiden sie sich daher als ölige, zu kleinsten Tropfen vertheilte Flüssigkeit ab und bewirken so die bläuliche und in größerer Menge die milchweiße Färbung. Außerdem reagirt der Lutter durch seinen Gehalt an Essigsäure stets sauer. Diese fremden Beimischungen finden sich vorzugsweise in dem zuletzt übergehenden Theile des Lutters. Man kann daher einen concentrirteren und reineren Lutter gewinnen, wenn man bei der Destillation das zuerst Uebergehende — den Vorlauf — für sich besonders auffängt und dann erst den Rest — den Nachlauf — in einem besonderen Gefäße sammelt. Man habe z. B. 1000 Pfd. einer 6procentigen Maische, die also 60 Pfd. Alkohol enthält, würde man diese bis auf 330 Pfd. Lutter treiben, so würde man die 60 Pfd. Alkohol als Lutter von 18,18 Proc. erhalten. Würde man davon 264 Pfd. oder vier Fünftel Vorlauf nehmen, so würden darin annähernd 56 Pfd. Alkohol enthalten sein, der Vorlauf würde 21,2 Proc. stark sein, während das letzte Fünftel, der Nachlauf 6 Proc. zeigt und also nur 4 Pfd. Alkohol, mit dem bei weitem größten Theile der Fuselöle und der Säure enthält. Diesen Nachlauf bringt man dann bei der nächsten Destillation mit der weingaaren Maische von Neuem zur Destillation, um den darin enthaltenen Alkohol zu gewinnen.

Selbst durch Beseitigung des Nachlaufs kann man nie einen rein schmeckenden und namentlich concentrirten Lutter erhalten. Er muß daher, um ihn in trinkbaren Branntwein zu verwandeln, noch einmal destillirt werden. Diese zweite Destillation nennt man das Rectificiren oder Weinen. Hat man einen Lutter von 20 Proc. und destillirt ihn zur Hälfte ab, so wird man daraus einen Branntwein von 40 Proc. erhalten. Die dabei zurückbleibende wäßrige Flüssigkeit wird Phlegma genannt, sie enthält den größten Theil des Fusels und wohl alle Essigsäure neben dem Wasser. Ebenso wie beim Lutter sammelt man auch hier Vorlauf und Nachlauf für sich und kann dabei leicht einen Branntwein von 50 Proc. als Vorlauf und einen schwachen Nachlauf gewinnen, von denen der letztere dem Lutter beim nächsten Weinen zugesetzt wird.

Aus dem Branntwein wird dann durch neue Destillation auf dieselbe Weise Spiritus gewonnen, dessen Stärke durch mehrfach wiederholte Rectificationen beliebig gesteigert werden kann, bis man zuletzt ein Destillat erhält, welches 92 bis 94 Volumprocente Alkohol enthält, dem man dann durch Rectification kein Wasser mehr entziehen kann.

Berechnen wir nun, ein wie großer Aufwand von Wärme erforderlich ist, um auf diese Weise die Destillation und Rectification auszuführen. Um 1 Pfd. Wasser von 0° bis zu 100° C. zu erhitzen, sind 100 Wärmeeinheiten des Celsius'schen Thermometers (W.-E. C.) erforderlich; um 1 Pfd. siedendes Wasser in Dampf zu verwandeln, müssen ihm noch 536,5 W.-E. C. zugeführt werden, die im Dampfe latent werden. Der Alkohol siedet bei 78° C., seine specifische Wärme ist = 0,615; um daher 1 Pfd. von 0° bis zum Sieden zu bringen, müssen ihm 0,615 . 78 oder 47,97 W.-E. C. zugeführt werden; um 1 Pfd. siedenden Alkohol in Dampf zu verwandeln, sind 208,92 W.-E. C. erforderlich. Bei Zugrundelegung des Reaumur'schen Thermometers wird 1 Pfd. Wasser durch 80 W.-E. R. zum Sieden gebracht, 1 Pfd. siedendes Wasser wird durch 429,2 W.-E. R. in Dampf verwandelt. Alkohol siedet bei 62,4° R., seine specifische Wärme ist = 0,615, es sind also 38,376 W.-E. R. erforderlich, um ihn von 0° zum Sieden zu bringen. Die latente Wärme seines Dampfes beträgt 167,14° R., 1 Pfd. siedender Alkohol nimmt also 167,14 W.-E. R. auf, um zu Dampf zu werden. Um diese Zahlen einigermaßen abzukürzen, mag für die latente Wärme des Wasserdampfes 536 W.-E. C. oder 429 W.-E. R., für die des Alkohols 209 W.-E. C. oder 167 W.-E. R. angenommen werden.

Man habe 1000 Pfd. einer Maische, die 7 Gewichtsprocente Alkohol enthalte und eine Temperatur von 20° C. oder 16° R. habe, von dieser wolle man 350 Pfd. Lutter ziehen. Die Maische enthält also 930 Pfd. Wasser und 70 Pfd. Alkohol.

	W.-E. C.	W.-E. R.
Um die 930 Pfd. Wasser der Maische von 20° zum Kochen zu bringen, sind erforderlich 100 — 20 = 80 . 930 W.-E. C.	74400	
Oder um sie von 16° R. zum Kochen zu bringen, sind erforderlich 80 — 16 = 64 . 930 W.-E. R.		59520
Die 72 Pfd. Alkohol von 20° C. auf 78° C. zu bringen, sind erforderlich 78—20=58 . 0,615 . 70 W.-E. C. =	2494	
Oder um sie von 16° R. zum Sieden zu bringen, sind erforderlich 62,4 — 16 = 46,4 . 0,615 . 70 W.-E. R. ..		1995
Die siedende Maische enthält also	76894 oder	61515

Um die oben bestimmte Quantität Lutter zu gewinnen, müssen also 280 Pfd. Wasser und 70 Pfd. Alkohol verdampft werden. Dazu sind erforderlich:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Für das Wasser 280 . 536 W.-E. C. =	150080	
Oder 280 . 429 W.-E. R. = ...		120120
Für den Alkohol 70 . 209 W.-E. C. =	14630	
Oder 70 . 167 W.-E. R. = ...		11690
	164710	131810

Die 350 Pfd. Lutterdampf enthalten demnach allein an latenter Wärme 164710 W.-E. C. oder 131810 W.-E. R. Diese müssen ihm erst entzogen werden, um ihn in siedend heiße Flüssigkeit zu verwandeln. Die siedend heiße Flüssigkeit enthält dann aber noch ihre ganze freie Wärme, also 280 . 100 = 28000 W.-E. C. oder 280 . 80 = 22400 W.-E. R. für das Wasser und 70 . 0,615 . 78 = 3354 W.-E. C. oder 70 . 0,615 . 62,4 = 2683 W.-E. R. für den Alkohol. Im Ganzen enthalten also die Lutterdämpfe und die daraus zu condensirende Flüssigkeit:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Latente Dampfwärme	164710	131810
Freie Wärme im Wasser .	28000	22400
Freie Wärme im Alkohol .	3354	2683
	196064	156893

Der Lutter soll aber nicht bis auf 0° abgekühlt werden, sondern soll mit einer Temperatur von 17,5° C. oder 14° R. abfließen, mithin 280 . 17,5 = 4900 W.-E. C. oder 280 . 14 = 3920 W.-E. R. im Wasser und 70 . 0,615 . 17,5 = 752 W.-E. C. oder 70 . 0,615 . 14 = 602 W.-E. R. im Alkohol behalten. Der fertige Lutter wird demnach bei einer Temperatur von 17,5° C. oder 14° R. 4900 + 752 = 5652 W.-E. C. oder 3920 + 602 = 4522 W.-E. R. enthalten. Diese von der Summe der Gesammtwärme-Einheiten abgezogen, weisen nach, wie viel Wärme durch Kühlwasser aufzunehmen ist. Es sind demnach 196064 — 5652 = 190412 W.-E. C. oder 156893 — 4522 = 152371 W.-E. R. auf das Kühlwasser zu übertragen. Man habe z. B. ein Kühlwasser von 10° C. oder 8° R. und könne dieses bei einer guten Einrichtung des Kühlapparats mit 60° C. oder 48° R. abfließen lassen, mithin jedes Pfund Kühlwasser um 50° C. oder 40° R. ausnutzen, so werden zur Abkühlung der 350 Pfd. Lutter an Kühlwasser erforderlich sein:

$$\frac{190412}{50} = 3808 \text{ Pfd. oder } \frac{152371}{40} = 3809 \text{ Pfd.}$$

Um aus den 350 Pfd. Lutter Branntwein zu gewinnen, muß die Hälfte abdestillirt werden. Der Lutter enthält 280 Pfd. Wasser und 70 Pfd. Alkohol und hat eine Temperatur von 17,5 C. oder 14° R. Es sind mithin 175 Pfd. Branntwein abzudestilliren mit 70 Pfd. Alkohol und 105 Pfd. Wasser.

	W.-E. C.	W.-E. R.
Um 280 Pfd. Wasser von 17,5° C. zum Kochen zu bringen, sind erforderlich 100 — 17,5 = 82,5 . 280 W.-E. C. =	23100	
Oder um sie von 14° R. zum Kochen zu bringen, sind erforderlich 80 — 14 = 66 . 280 W.-E. R. = ...		18480
Um 70 Pfd. Alkohol von 17,5° C. auf 78° C. zu bringen, sind erforderlich 78 — 17,5 = 60,5 . 0,615 . 70 W.-E. C. = ...	2601	
Oder um sie von 14° R. auf 62,4° R. zu bringen, sind erforderlich 62,4 — 14 = 48,4 . 0,615 . 70 W.-E. R. =		2081
Der siedende Lutter enthält also	25701	20561

Zur Verdampfung der 105 Pfd. Wasser und 70 Pfd. Alkohol sind erforderlich:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Für das Wasser 105 . 536 W.-E. C. =	56280	
Oder 105 . 429 W.-E. R. = ...		45045
Für den Alkohol 70 . 209 W.-E. C. =	14630	
Oder 70 . 167 W.-E. R. = ...		11690
	70910	56735

Die 175 Pfd. Branntweindampf enthalten demnach 70910 W.-E. C. oder 56735 W.-E. R. latente Wärme. Der Dampf soll auf 17,5° C. oder 14° R. abgekühlt werden, im Branntwein verbleiben demnach nach obiger Rechnung 105 . 17,5 = 1837 W.-E. C. oder 105 . 14 = 1470 W.-E. R. im Wasser und 70 . 0,615 . 17,5 = 752 W.-E. C. oder 70 . 0,615 . 14 = 602 W.-E. R. im Alkohol. Der fertige Branntwein wird demnach bei einer Temperatur von 17,5° C. oder 14° R. 1837 + 752 = 2589 W.-E. C. oder 1470 + 602 = 2072 W.-E. R. enthalten.

Außer der latenten Wärme des Dampfes ist noch die freie Wärme der siedend heißen Flüssigkeit wie oben in Rechnung zu bringen. Es beträgt diese für das Wasser 105 . 100 = 10500 W.-E. C. oder 105 . 80 = 8400 W.-E. R., für den Alkohol 70 . 0,615 . 78 = 3354 W.-E. C. oder 70 . 0,615 . 62,4 = 2683 W.-E. R. Die Branntweindämpfe und die daraus zu condensirende Flüssigkeit enthalten demnach im Ganzen:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Latente Dampfwärme	70910	56735
Freie Wärme im Wasser	10500	8400
Freie Wärme im Alkohol	3354	2683
Im Ganzen	84764	67818
Davon geht ab die im Branntwein von 17,5° C. oder 14° R. verbleibende Menge von freier Wärme	2589	2072
Also vom Kühlwasser aufzunehmen	82175	65746

Nimmt man die Temperatur und die Ausnutzung des Kühlwassers wieder wie oben, so ist davon erforderlich:

$$\frac{82175}{50} = 1643 \text{ Pfd. oder } \frac{65746}{40} = 1643 \text{ Pfd.}$$

Um daher durch eine zweimalige Destillation aus 1000 Pfd. einer Maische, die 7 Gewichtsprocente Alkohol enthält, 175 Pfd. Branntwein mit 70 Pfd. Alkohol zu gewinnen, ist ein Aufwand von folgender Menge von Wärmeeinheiten erforderlich:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Um die Maische zum Sieden zu bringen	76894	61515
Die siedende Maische zu destilliren....	164710	131810
Den Lutter zum Sieden zu bringen ..	25701	20561
Den siedenden Lutter zu destilliren....	70910	56735
	338215	270621

Zur Verdichtung der Dämpfe und zur Abkühlung des Destillats sind erforderlich:

Für den Lutter...... 3808 Pfd. Kühlwasser,
für den Branntwein.. 1643 „ „
5451 Pfd. Kühlwasser.

Die 175 Pfd. Branntwein sollen nun noch auf Spiritus von 75 Gewichtsprocenten verarbeitet werden. Man destillirt daher zunächst als Vorlauf 90 Pfd., worin 67,5 Pfd. Alkohol und 22,5 Pfd. Wasser, und noch 10 Pfd. Nachlauf, worin 2,5 Pfd. Alkohol und 7,5 Pfd. Wasser. Im Ganzen sind also abzutreiben 100 Pfd. Destillat, worin 70 Pfd. Alkohol und 30 Pfd. Wasser. Der Branntwein komme wieder mit einer Temperatur von 17,5° C. oder 14° R. zur Destillation. Der Branntwein enthält 105 Pfd. Wasser und 70 Pfd. Alkohol.

	W.-E. C.	W.-E. R.
Um 105 Pfd. Wasser von 17,5° C. zum Sieden zu bringen, sind erforderlich 100 — 17,5 = 82,5 . 105 W.-E. C. =	8662	
Oder um sie von 14° R. zum Kochen zu bringen, sind erforderlich 80 — 14 = 66 . 105 W.-E. R. = ...		6930
Um 70 Pfd. Alkohol von 17,5° C. zum Sieden zu bringen, sind erforderlich 78 — 17,5 = 60,5 . 0,615 . 70 W.-E. C. = ...	2601	
Oder um sie von 14° R. auf 62,4° R. zu bringen, sind erforderlich 62,4 — 14 = 48,4 . 0,615 . 70 W.-E. R. =		2081
Der siedende Branntwein enthält also .	11263	9011

Zur Verdampfung von 30 Pfd. Wasser und 70 Pfd. Alkohol sind erforderlich:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Für das Wasser 30 . 536 W.-E. C. =	16080	
Oder 30 . 429 W.-E. R. = ...		12870
Für den Alkohol 70 . 209 W.-E. C. =	14630	
Oder 70 . 167 W.-E. R. = ...		11690
Der Spiritusdampf enthält daher latente Wärme..............................	30710	24560

Die 100 Pfd. Destillat, bestehend aus 30 Pfd. Wasser und 70 Pfd. Alkohol, sind abzukühlen auf 17,5° C. oder 14° R. Im Spiritus verbleiben demnach nach obiger Rechnung 30 . 17,5 = 525 W.-E. C. oder 30 . 14 = 420 W.-E. R. für das Wasser und 70 . 0,615 . 17,5 = 752 W.-E. C. oder 70 . 0,615 . 14 = 602 W.-E. R. für den Alkohol. Der Spiritus sammt Nachlauf wird daher bei 17,5° C. oder 14° R. 525 + 752 = 1277 W.-E. C. oder 420 + 602 = 1022 W.-E. R. enthalten.

Außer der latenten Wärme ist noch die freie Wärme des abzukühlenden Destillats in Rechnung zu bringen. Es beträgt diese für das Wasser 30 . 100 = 3000 W.-E. C. oder 30 . 80 = 2400 W.-E. R.; für den Alkohol 70 . 0,615 . 78 = 3354 W.-E. C. oder 70 . 0,615 . 62,4 = 2683 W.-E. R. Die Spiritusdämpfe und die daraus zu condensirende Flüssigkeit enthalten daher im Ganzen:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Latente Dampfwärme...........	30710	24560
Freie Wärme im Wasser.......	3000	2400
Freie Wärme im Alkohol.......	3354	2683
	37064	29643
Davon geht ab die im Spiritus von 17,5° C. oder 14° R. verbleibende freie Wärme	1277	1022
Also vom Kühlwasser aufzunehmen	35787	28621

Nimmt man die Temperatur und Ausnutzung des Kühlwassers wie oben, so ist davon erforderlich:

$$\frac{35787}{50} = 716 \text{ Pfd. oder } \frac{28621}{40} = 716 \text{ Pfd.}$$

Nun sind aber bei der Spiritusdestillation nicht 100 Pfd. fertiges Product, sondern nur 90 Pfd. und außerdem 10 Pfd. Nachlauf gewonnen, die noch 2,5 Pfd. oder 25 Proc. Alkohol enthalten und daher wieder rectificirt werden müssen. Die dazu nöthigen Wärmemengen werden auf dieselbe Weise berechnet wie für die übrigen Destillationen. Der Nachlauf enthält 7,5 Pfd. Wasser und 2,5 Pfd. Alkohol. Er wird zunächst zur Hälfte abdestillirt und in Branntwein verwandelt.

	W.-E. C.	W.-E. R.
Um 7,5 Pfd. Wasser von 17,5° C. zum Sieden zu bringen, sind erforderlich 100 — 17,5 = 82,5 . 7,5 W.-E. C. =	619	
Oder um sie von 14° R. zum Kochen zu bringen, sind erforderlich 80 — 14 = 66 . 7,5 W.-E. R. = ...		495
Um 2,5 Pfd. Alkohol von 17,5° C. zum Sieden zu bringen, sind erforderlich 2,5 . 0,615 . 60,5 W.-E. C. = ..	93	
Oder um sie von 14° R. zum Sieden zu bringen, sind erforderlich 62,4 — 14 = 48,4 . 0,615 . 2,5 W.-E. R. =		74
Der siedende Nachlauf enthält also ...	712	569

Zur Verdampfung von 2,5 Pfd. Wasser und 2,5 Pfd. Alkohol sind erforderlich:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Für das Wasser 2,5 . 536 W.-E. C. =	1340	
Oder 2,5 . 429 W.-E. R. = ...		1072
Für den Alkohol 2,5 . 209 W.-E. C. =	522	
Oder 2,5 . 167 W.-E. R. = ...		417
Der Branntweindampf aus dem Nachlauf enthält daher latente Wärme.......	1862	1489

Die 5 Pfd. Destillat, bestehend aus 2,5 Pfd. Wasser und 2,5 Pfd. Alkohol, sind abzukühlen auf 17,5° C. oder 14° R. Es verbleiben demnach darin für das Wasser 2,5 . 17,5 = 44 W.-E. C. oder 2,5 . 14 = 35 W.-E. R.; für den Alkohol 2,5 . 0,615 . 17,5 = 27 W.-E. C. oder 2,5 . 0,615 . 14 = 22 W.-E. R. Das Destillat aus dem Nachlauf enthält daher bei 17,5° C. oder 14° R. 44 + 27 = 71 W.-E. C. oder 35 + 22 = 57 W.-E. R.

Die freie Wärme des Destillats beträgt für das Wasser 2,5 . 100 = 250 W.-E. C. oder 2,5 . 80 = 200 W.-E. R.; für den Alkohol 2,5 . 0,615 . 78 = 110 W.-E. C. oder 2,5 . 0,615 . 62,4 = 96 W.-E. R. Die Dämpfe und die daraus zu condensirende Flüssigkeit enthalten daher im Ganzen:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Latente Dampfwärme...........	1862	1489
Freie Wärme im Wasser........	250	200
Freie Wärme im Alkohol.......	110	96
	2222	1785

	W.-E. C.	W.-E. R.
	2222	1785
Davon geht ab die im Branntwein von 17,5° C. oder 14° R. enthaltene freie Wärme	71	57
Also vom Kühlwasser aufzunehmen	2151	1728

Die Temperatur und Ausnutzung des Kühlwassers wieder wie oben angenommen, so ist davon erforderlich:

$$\frac{2151}{50} = 43 \text{ Pfd. oder } \frac{1728}{40} = 43 \text{ Pfd.}$$

Die zuletzt erhaltenen 5 Pfd. Branntwein von 50 Proc. wären noch in Spiritus zu verwandeln. Wir wollen davon jedoch absehen, um die Rechnungen nicht allzusehr in die Länge zu ziehen, und nur noch die Gesammtmenge der Wärmeeinheiten und die Quantität des Kühlwassers zusammenziehen:

	W.-E. C.	W.-E. R.
Zur Erzeugung des Branntweins	338215	270621
Um den Branntwein zum Sieden zu bringen	11263	9011
Um den Branntwein zu destilliren	30710	24560
Um den Nachlauf zum Sieden zu bringen	712	569
Um den Nachlauf zu destilliren	1862	1489
	382762	306250

Nach praktischen Erfahrungen kann man annehmen, daß 1 Pfd. Steinkohlen mittlerer Qualität bei der besten Feuerungsanlage und höchsten Ausnutzung, wie sie jedoch bei den gewöhnlichen Destillirapparaten bei Weitem nicht erreicht wird, 3500 W.-E. C. oder 2800 W.-E. R. geben; es würde mithin, wenn dieser Effect erreicht werden könnte, zur Gewinnung von 75procentigem Spiritus aus 1000 Pfd. 7procentiger Maische an Kohlen erforderlich sein:

$$\frac{382762}{3500} = 109 \text{ Pfd. oder } \frac{306250}{2800} = 109 \text{ Pfd.}$$

An Kühlwasser würde gebraucht werden:

Zur Erzeugung des Branntweins ..	5451	Pfd.,
für den Spiritus	716	„
für den Nachlauf	43	„
	6210	Pfd.

Wir haben oben (S. 183) gesehen, daß der aus 1000 Pfd. Maische abzutreibende Lutterdampf an latenter und freier Wärme 196064 W.-E. C. (um die doppelten Rechnungen zu sparen, mögen im Folgenden die W.-E. R. unberücksichtigt bleiben) enthalte. Würde man nun diese Dämpfe, statt sie durch Kühlwasser zu verdichten, in einen zweiten, ebenfalls mit 1000 Pfd. Maische von 20° C. und 7 Proc. Alkoholgehalt gefüllten Behälter leiten, so würde Anfangs eine Condensation des Dampfes eintreten, bis diese zweiten 1000 Pfd. Maische zum Sieden erhitzt sind. Um sie bis zu diesem Temperaturgrade zu bringen, sind nach der oben ausgeführten Rechnung 76894 W.-E. C. erforderlich. Es werden mithin im Dampfe verbleiben 196064 — 76894 = 119170 W.-E. C. Die aus der ersten Maische abdestillirten 70 Pfd. Alkohol enthalten als Dampf, außer ihrer freien Wärme 14630 W.-E. C. latente Wärme. Der Dampf der ersten Maische durchströmt aber die zweite noch fortwährend, nachdem er sie auf den Siedpunkt gebracht hat, er wird mithin zunächst noch die in dieser enthaltenen 70 Pfd. Alkohol in Dampf verwandeln, wozu ebenfalls 14630 W.-E. C. erforderlich sind. Die 140 Pfd. Alkoholdampf enthalten mithin zusammen 29260 W.-E. C. Im Dampfe, nachdem er die zweite Maische durchströmt hatte, blieben aber noch 119170 W.-E. C. disponibel, ziehen wir hiervon die 29260 W.-E. C. für 140 Pfd. Alkoholdampf ab, so bleiben noch 89910 W.-E. C. für Wasserdampf übrig, es werden mithin neben den 140 Pfd. Alkohol $\frac{89910}{536}$ = 168 Pfd. Wasserdampf entweichen, mithin 140 + 168 = 308 Pfd. Destillat gewonnen werden.

Bei einer derartigen Destillation würde man daher statt 350 Pfd. Lutter mit 70 Pfd. oder 20 Proc. Alkohol gleich 308 Pfd. Branntwein mit 140 Pfd. oder 45 Proc. Alkohol gewinnen.

Beim Verdampfen der 308 Pfd. Alkohol werden aber der siedenden Maische noch durch 140 Pfd. Alkohol 2 . 3354 W.-E. C. und durch 168 Pfd. Wasserdampf 16800 W.-E. C., im Ganzen also 23508 W.-E. C. an freier Wärme entzogen, mithin sind in dem Dampfe 119170 + 23508 = 142678 W.-E. C. enthalten.

Würde man nun diesen Dampf, statt ihn durch Wasser zu condensiren, dazu verwenden, um noch eine dritte Portion Maische von 1000 Pfd. von 20 auf 80° C. zu erwärmen, was mittelst eines rectificirenden Dephlegmators, der unten beschrieben werden wird, geschehen kann, so würde diese Maische dem Dampfe 57670 W.-E. C. entziehen. Da 1000 Pfd., um von 20 auf 100° C. erwärmt zu werden, 76894 W.-E. C. bedürfen, so werden sie, um von 20 auf 80° C. gebracht zu werden, nur obige Menge aufnehmen. Es verblieben mithin im Dampfe 142678 — 57670 = 85008 W.-E. C. In diesem Dampfe sind 140 Pfd. Alkohol mit 35338 W.-E. C. enthalten, mithin bleiben 49670 W.-E. C. für Wasserdampf oder $\frac{49670}{636}$ = 78 Pfd. Wasser.

Durch diese Operation würde man daher auf der einen Seite eine dritte Portion Maische auf 80° C. erwärmen und 140 + 78 = 218 Pfd. Spiritus mit 140 Pfd. oder 65 Proc. Alkohol gewinnen.

Kühlt man das Destillat auf 17,5° C. ab, so verbleiben darin für das Wasser 78 . 17,5 = 1365 W.-E. C., für den Alkohol 140 . 0,615 . 17,5 = 1504 W.-E. C., zusammen also 2869 W.-E. C. Es sind demnach 85008 — 2869 = 82139 W.-E. C. durch Kühlwasser fortzunehmen. Bleibt die Temperatur und Ausnutzung des Kühlwassers wie oben, so werden zur Abkühlung erfordert:

$$\frac{82139}{50} = 1643 \text{ Pfd.}$$

Würde man nun einen Theil des Kühlwassers verwenden, um die Dämpfe nur theilweise zu verdichten, ebenso wie es mit der dritten Quantität Maische geschehen ist, und dabei durch die unverdichtet bleibenden Dämpfe den condensirten Alkohol wieder verdampfen lassen, so würde man ihm noch einen großen Theil des Wassers entziehen und schließlich einen Spiritus bis zu 90 Proc. Alkoholgehalt gewinnen können. Die ausgeführten Berechnungen mögen jedoch genügen, um wenigstens das Princip einer solchen Destillation zu veranschaulichen.

Bei der Ausführung der Destillation erweist sich nun

aber, daß die Dämpfe, welche die erste Maische lieferte, nicht genügen, um wirklich allen Alkohol aus der zweiten auszutreiben, ferner daß beim Vorwärmen der dritten Maische nicht reines Wasser, sondern alkoholhaltiges Wasser condensirt wird, mithin daß in der zweiten Maische und im Phlegma etwas Alkohol zurückbleibt. Um diesen zu gewinnen, läßt man, nach beendigter Destillation der ersten Maische die zweite Maische in den ersten Apparat, die vorgewärmte Maische und das Phlegma in den zweiten Apparat fließen und füllt den Vorwärmer mit frischer Maische. Eine sehr kurze Erwärmung wird dann genügen, um den Rest des Alkohols aus der schon siedend heißen zweiten Maische vollständig auszutreiben. Die dritte Maische und das Phlegma ist dann ebenfalls siedend heiß und zum größten Theil vom Alkohol befreit und kommt nach dem Ablassen der zweiten Maische in den ersten Apparat u. s. f. In Wirklichkeit wird daher ein um etwas größerer Wärmeaufwand erforderlich sein, als berechnet; die Werthe hierfür lassen sich jedoch kaum in Zahlen feststellen.

Die Gewinnung eines so concentrirten Spiritus macht den Besitz eines sehr complicirten Apparates erforderlich. Ehe man diesen aber erfand, waren vielfache Versuche erforderlich, die sämmtlich dahin zielten, bei der Destillation an Brennmaterial zu sparen. Man fing zunächst damit an, die Maische vorzuwärmen, und zwar durch die verlorene Wärme der Blasenfeuerung, indem man die Verbrennungsproducte statt sie direct in den Schornstein gehen zu lassen, zunächst durch zweckmäßig angelegte Züge um oder durch einen mit Maische gefüllten Behälter gehen ließ, dessen Inhalt dadurch stark erwärmt wurde und dann fast siedend heiß in die Blase gelangte. Würden die 1000 Pfd. der obigen Maische auch nur von 20° bis auf 80° C. erwärmt, so würden immerhin 57670 W.-E. C. erspart werden. Eine zweite Verbesserung bestand darin, daß man die vorzuwärmende Maische statt Kühlwasser gebrauchte und die Dämpfe des Destillats durch ein Schlangenrohr leitete, dessen oberer Theil in einem mit Maische gefüllten Behälter lag, während nur der untere von kaltem Wasser umgeben war. Es wurde dadurch gleichzeitig die Vorwärmung der Maische und Ersparniß an Kühlwasser erreicht. Die Länge des in der Maische befindlichen Schlangenrohr mußte dann natürlich so regulirt werden, daß die Maische nicht über einen bestimmten Grad erwärmt wurde, daß sie also nicht zum Kochen kommen konnte, wodurch sonst Verlust an Alkohol eingetreten wäre. Eine dritte wesentliche Verbesserung, die die Bahn zur Construction der neueren Apparate brach, bestand darin, daß man die Flüssigkeit, welche sich in dem oberen Theile des Schlangenrohrs condensirte, in einen besonderen Behälter leitete, in welchem sie von Neuem destillirt wurde, und zwar durch die freie und latente Wärme des uncondensirt gebliebenen Dampfes: daß also der Dampf selbst zu einer Rectification des Products benutzt wurde. Diese Rectification wurde und wird auf die Weise ausgeführt, daß man den oberen Theil des Schlangenrohrs bis auf den Boden des Behälters leitet, in welchem sich das in dem Schlangenrohr verdichtete Destillat sammelt. Der Dampf muß daher diese abgekühlte Flüssigkeit fortwährend durchströmen, sie von Neuem zum Sieden bringen und den Alkohol wieder verdunsten, der dann in das zweite Schlangenrohr entweicht und dort von kaltem Wasser völlig condensirt wird. Da durch das Vorwärmen der Maische, durch das Wiedererhitzen des Destillats dem Dampfe ein großer Theil seiner Wärme entzogen wird, so muß dieser reicher an Alkohol werden, da die noch übrig bleibende Wärme völlig genügt, um den Alkohol, nicht aber um das Wasser zu verdampfen.

Denken wir uns wieder 1000 Pfd. Maische von 7 Proc. Alkoholgehalt, die zum Sieden erhitzt sind und von der 350 Pfd. abdestillirt werden. Der Dampf enthält nach obiger Rechnung 196064 W.-E. C. an freier und latenter Wärme. Davon werden verbraucht, um 1000 Pfd. Maische von 20 bis 80° C. vorzuwärmen, 57670 W.-E. C. Es bleiben in dem Dampfe daher noch 196064 — 57670 = 138394 W.-E. C. Durch Entziehung der 57670 W.-E. C. wird ein entsprechender Theil der Dämpfe condensirt und abgekühlt. Nehmen wir zunächst an, den 70 Pfd. Alkohol sei die sämmtliche Wärme, also die latente des Dampfes und die freie des Destillats, entzogen. Diese betragen zusammen 14630 + 3354 = 17984 W.-E. C. Da aber die Maische im Vorwärmer 57670 W.-E. C. aufgenommen hat, so muß noch eine bedeutende Menge von Wasser verdichtet und abgekühlt sein. Da 1 Pfd. Wasserdampf 636 W.-E. C. latent und frei enthält, so müssen also $\frac{57670 - 17984}{636}$ oder $\frac{39686}{636} = 62$ Pfd. Wasser condensirt werden. Um nun das Destillat von 70 Pfd. Alkohol und 62 Pfd. Wasser wieder zum Sieden zu bringen und die 70 Pfd. Alkohol wieder zu verdunsten, sind erforderlich für das Wasser 62 . 100 = 6200 W.-E. C., für den Alkohol 70 . 78 . 0,615 = 2654 W.-E. C. + 70 . 209 = 14630 W.-E. C., also im Ganzen 6200 + 2654 + 14630 = 23484 W.-E. C. Dieser Wärme, die der Dampf noch abgeben muß, entspricht aber wieder einer Condensation von $\frac{23484}{636}$ = 37 Pfd. Es werden mithin durch das Vorwärmen der Maische und die Rectification dem Dampf 62 + 37 = 99 Pfd. Wasser entzogen und verbleiben dann noch im Dampfe 138394 — 23484 = 114910 W.-E. C., die durch Kühlwasser aufzunehmen sind. Bei der einfachen Destillation gewann man 350 Pfd. Lutter mit 70 Pfd. oder 20 Proc. Alkohol; durch diese durch den Dampf selbst bewirkte Rectification erhielt man 350 — 99 = 251 Pfd. Lutter, mit 70 Pfd. oder 28 Proc. Alkohol. Gewiß ein sehr wesentlicher Vortheil!

Die Theile des Destillationsapparates, in denen eine solche wiederholte Destillation des Productes durch die Dämpfe der Maische ausgeführt wird, nennt man **Rectificatoren**.

Denkt man sich die Dämpfe in ein leeres Gefäß einströmend, dessen Wandungen auf solcher Temperatur erhalten werden, daß die Dämpfe auf eine Temperatur gebracht werden, welche zwischen dem Siedpunkte des Wassers und dem des Alkohols liegt, so wird der größte Theil des Wassers condensirt, der Alkohol aber, wenigstens zum größten Theil, dampfförmig bleiben. Auf diesem Princip beruht eine andere Methode der Concen-

trirung der Alkoholdämpfe. Läßt man dabei das durch die Abkühlung der Dämpfe sich condensirende Wasser, oder die schwach alkoholische Flüssigkeit, in dem Maße wie sie sich bildet in die Blase zurückfließen, während die alkoholreichen Dämpfe in den Kühlapparat entweichen, so hat man den Apparat, welchen man Dephlegmator nennt. Die Dephlegmation unterscheidet sich daher von der Rectification, daß hier die Wiederverdampfung des condensirten Alkohols in der Blase oder in einem besonderen Theile des Apparats geschieht, während bei der Rectification die Flüssigkeit durch die mit dem Destillat gleichzeitig einströmenden Dämpfe entgeistet wird.

Beide Methoden der Concentration der Dämpfe lassen sich ungemein leicht vereinigen. Denkt man sich z. B. ein Gefäß, welches wie beim Dephlegmator auf einer bestimmten Temperatur erhalten wird, in welches die Dämpfe durch ein bis nahe auf den Boden reichendes Rohr einströmen, so tritt zunächst die dephlegmirende Wirkung des Gefäßes ein. In dem Maße, wie sich aber condensirte Flüssigkeit in demselben sammelt und diese die Mündung des Rohres absperrt, werden die Dämpfe durch die Flüssigkeit passiren und diese rectificiren. Man hat dann also einen rectificirenden Dephlegmator.

Der Helm der Blase bewirkt dadurch, daß er mit kalter Luft umgeben ist, und dadurch, daß er stets Wärme ausstrahlt, eine Abkühlung der Dämpfe und also auch eine Dephlegmirung, indem die durch die Abkühlung verdichtete Flüssigkeit in die Blase zurückfließt. Aehnlich wirken alle die Theile des Apparats, welche die Dämpfe in aufwärts gehende Richtung leiten. Diese Dephlegmirung kann vortheilhaft sein, so lange sie gewisse Grenzen nicht überschreitet, sie macht aber einen zu großen Aufwand an Heizmaterial erforderlich, wenn sie zu groß wird.

Es ist oben (S. 140) eine Tabelle von Gröning gegeben, welche den Siedpunkt von Mischungen von Alkohol und Wasser angiebt. Da solche Mischungen von Alkohol und Wasser aber nicht in dem Verhältniß verdampfen, in welchem ihre Bestandtheile gemischt sind, so werden die Dämpfe natürlich um so reicher an Alkohol sein, bei je niederer Temperatur sie gebildet sind, während der Rückstand immer wasserreicher wird. Durch Versuche von Gröning ist nun die Zusammensetzung dieser Dämpfe ermittelt, wie sie sich bei verschiedenen Temperaturen bilden. Ihre Kenntniß giebt den sichersten Anhalt für die Dephlegmirung, indem man dann den Dephlegmator immer so weit abkühlen kann, als dem beabsichtigten Mischungsverhältniß des Productes entspricht. Die folgende Tabelle giebt die Gröning'schen Zahlen mit einigen von Otto angebrachten Correctionen; sie zeigt jedoch die Zusammensetzung der siedenden Flüssigkeit und der verdichtet gedachten Dämpfe nicht nach Gewichtsprocenten, sondern nach Volumprocenten.

Alkoholgehalt der siedenden Flüssigkeit.	Siedpunkt oder Temperatur des Dampfes.		Alkoholgehalt der verdichteten Dämpfe.	Alkoholgehalt der siedenden Flüssigkeit.	Siedpunkt oder Temperatur des Dampfes.		Alkoholgehalt der verdichteten Dämpfe.
Volumproc.	°C.	°R.	Volumproc.	Volumproc.	°C.	°R.	Volumproc.
90	78,8	63	92	15	90	72	66
80	79,4	63,5	90,5	12	91,3	73	61
70	80	64	89	10	92,5	74	55
60	81,3	65	87	7	93,8	75	50
50	82,5	66	85	5	95	76	42
40	83,8	67	82	3	96,3	77	36
30	85	68	78	2	97,5	78	28
20	87,5	70	71	1	98,8	79	13
18	88,8	71	68	0	100	80	0

In dem Vorhergehenden ist angenommen worden, die Destillation oder die Erhitzung der Maische sei durch freies Feuer bewirkt worden. Es wurde dabei absichtlich nicht berücksichtigt, daß bei einer so großen Concentration der bedeutende Gehalt an Trebern unfehlbar ein Anbrennen der Maische zur Folge haben würde. Da im ganzen Zollverein und in anderen Ländern die Spiritusfabrikation nach der Größe des Gährraumes, also nach der Quantität der producirten Maische besteuert ist, und zwar mit einem verhältnißmäßig sehr hohen Satz, so sah man sich gezwungen, die Maischen so gehaltreich wie irgend möglich zu machen, was nur geschehen konnte, indem man eine möglichste starke Schüttung von Rohstoff anwandte und damit auch viel Treber in die Maische brachte. Eine solche Maische war aber auf freiem Feuer wegen der Gefahr des Anbrennens nicht zu destilliren, man mußte mithin eine andere Methode der Erhitzung einführen. Als solches bot sich als am einfachsten der in einem besonderen Dampfkessel erzeugte, frei in die Maische einströmende Dampf.

Da der Dampf sich um so vortheilhafter, mit um so geringeren Kosten erzeugen läßt, je mehr man zu gleicher Zeit producirt, so war es natürlich, daß man den Dampfkessel nun vergrößerte, um zugleich eine Dampfmaschine damit betreiben zu können, um zugleich Kartoffeln im Dampf kochen zu können, um zugleich das Maischwasser durch Dampf erhitzen zu können. Die Maschine setzt die nöthigen Pumpen in Bewegung, sie treibt die Malzquetschen, Schrotmühlen, es wurden mechanische Rührvorrichtungen zum Einmaischen, zum Kühlen der Maische construirt. Mit einem Worte die Handarbeit wurde mehr und mehr verdrängt, es wurde eine massenhafte Production hervorgerufen, die früher im kleinen Maßstabe betriebene Branntweinbrennerei nahm ab und mußte der Branntwein- oder Spiritusfabrikation das Feld räumen.

Sehen wir nun, wie sich die Destillation gestaltet,

wenn man den Dampf frei in die Blase einströmen läßt. Um 1000 Pfd. 7procentiger Maische von 20° C. zum Sieden zu erhitzen und daraus 70 Pfd. Alkohol abzudestilliren, sind erforderlich 76894 + 14630 = 91524 W.-E. C. Eine diesem entsprechende Menge Wasserdampf wird zu siedend heißem Wasser verdichtet, also $\frac{91524}{536}$ = 171 Pfd. Durch die Ausstrahlung und Ableitung der Wärme durch die Wände des Apparats wird immer noch eine größere Condensation von Wasser herbeigeführt, die aber, als von nicht zu bemessenden Umständen abhängig, nicht in Rechnung zu bringen ist. Die 1000 Pfd. Maische werden daher auf mindestens 1000 + 171 — 70 = 1101 Pfd. verdünnt, statt daß sie durch Destillation über freiem Feuer auf 1000 — 350 = 650 Pfd. concentrirt worden wären. Man erhält daher bei der Dampfdestillation eine dünnere Schlempe als bei der alten Methode und dieses ist ihr zum großen Vorwurf gemacht worden. Die Verdünnung ist jedoch mehr scheinbar wie wirklich. Die Maische wird zur Dampfdestillation in weit concentrirterem Zustand gebracht wie sonst. Das Wasser, welches sie aus den Dämpfen condensirt, wurde ihr früher beim Maischen und Anstellen im Gährbottich zugesetzt. Berechnet man, wie viel Schlempe man von 100 Pfd. Rohstoff, Getreide, Kartoffeln ꝛc. erhält, so ist es sehr fraglich, ob nicht bei möglichst dickem Maischen und Dampfdestillation eine wenigstens ebenso concentrirte, also als Futterstoff gleichwerthige Schlempe gewonnen wird, als wenn man dünne Maische über freiem Feuer abtreibt. Die Verdünnung der Maische kann aber auch sehr bedeutend verringert werden, wenn man das Destillationsgefäß, die Blase, so in den Dampfkessel einschließt, daß der ganze Körper der Blase mit heißem Wasser oder gespanntem Dampf umgeben ist. Man braucht dann in das Innere nur wenig Dampf einströmen zu lassen, von dem nur ein Minimum condensirt werden kann.

Bei der obigen Rechnung ist, um die unvermeidliche Condensation bestimmen zu können, nur die Zahl der Wärmeeinheiten in Anschlag gebracht, welche zur Erhitzung der Maische und Verdampfung des Alkohols erforderlich ist. Nun verdampft aber der Alkohol nicht für sich, sondern er muß durch eine gewisse Menge Wasserdampf gewissermaßen fortgeführt werden. Bei dem einströmenden Dampf kann von dem einmal condensirten Wasser nichts mehr verdunsten, es muß also das mit dem Alkohol zu Lutterdampf vereinte Wasser durch direct zuströmenden Dampf geliefert werden. Die hierzu erforderliche Menge Dampf ist nicht genau zu bestimmen. Sie hängt wesentlich davon ab, wie rasch der Dampf einströmt, in wie innige Berührung er mit der heißen Maische kommt, wie weit er sich also mit Alkohol sättigen kann. Es ist klar, daß ein Dampfrohr von 2 Zoll Weite, welches nur 3 Zoll tief in die Maische eintaucht, einen ganz anderen Effect ausüben muß, als ein Rohrkranz, der 6 Zoll tief in der Maische liegt und aus dem aus zahlreichen kleinen Oeffnungen ebenso viele feine Dampfstrahlen hervorbrechen, die gleichzeitig die Maische nach allen Richtungen hin durchwühlen. In der Praxis kann man jedoch annehmen, daß jedenfalls eben so viel Wärmeeinheiten noch als Wasserdampf zugeführt werden müssen, als früher durch Kochen abgetrieben werden mußten. Sollte auch wirklich noch etwas mehr Wasserdampf erforderlich sein, so wird man dennoch die Gesammtmenge des Dampfes billiger als die directe Feuerung haben, und zwar aus zwei Gründen, einmal: weil bei den jetzigen vortrefflichen Einrichtungen der Dampfkesselfeuerungen eine weit vollständigere Ausnutzung des Heizstoffes erreicht werden kann, wie bei einer Blasenfeuerung, und dann weil man die an das Kühlwasser übertragene Wärme, die früher ganz verloren war, benutzt, um den Dampfkessel stets mit heißem Wasser zu speisen, wodurch also eine große Ersparung an Brennmaterial herbeigeführt wird. Außerdem ist zu Gunsten der Dampfdestillation noch zu erwähnen: die größere Sicherheit gegen Feuersgefahr, und endlich die bequemere Aufstellung der Brennapparate und größere Dauerhaftigkeit derselben.

Besteuerung der Spiritusfabrikation. Es giebt wohl kaum ein Gewerbe oder einen Industriezweig, dessen Ausübung so von der Art und Weise der Besteuerung beeinflußt wird, wie die Spiritusfabrikation. Nicht nur vom nationalökonomischen Standpunkte, sondern auch um die Ausübung der Brennerei in verschiedenen Ländern verstehen zu können, ist es daher wichtig, den Modus dieser Besteuerung zu kennen. Wir wollen deshalb im Folgenden in möglichst gedrängter Kürze das Nöthigste darüber mittheilen und zugleich die in neuerer Zeit so vielfach verhandelte Abänderung resp. Verbesserung des technischen Verfahrens der Besteuerung beleuchten. Als wichtigste Quellen zum Studium dieser Fragen mögen erwähnt werden: Das Würtembergische Branntweinsteuergesetz vom 19. September 1852 (Stuttgart, Metzler 1852); darin der Bericht der volkswirthschaftlichen Commission der Kammer der Abgeordneten über den Gesetzentwurf, die Branntweinsteuer betreffend, Berichterstatter Moritz Mohl; Balling's Gährungschemie, Bd. II., Abth. I. (Prag, Calve 1854); Zur Fabrikatsteuer-Frage in Betreff der Spiritus- und Rübenzuckerfabrikation in Preußen, nach den Verhandlungen des Landesökonomie-Collegiums von C. v. Salviati (Berlin, Bosselmann 1860); Die directe Besteuerung des Spiritus von H. Janke (Berlin, Bosselmann 1860); Die neuesten Verbesserungen der Spiritusfabrikation von Schwarzwäller (Leipzig 1861); Der praktische Brennereibetrieb, in Verbindung mit den einschlagenden Steuergesetzen und Verwaltungsvorschriften von T. Glaeser (Leipzig, Spamer 1862); Die Producten-Steuer nach dem Resultate der Spiritus-Enquète-Commission in Wien von Dominik Mitter (Budweis 1861); Ueber die Einrichtung und Verwendung der mit dem 1. November 1862 in den Brennereien zur Thätigkeit kommenden Spiritus-Meß-Apparate von J. Moser (Ung. Altenburg 1862); Die Einführung der Fabrikatsteuer in der Spiritusfabrikation, zwei Abhandlungen von Janke und Lehmann (Breslau, Kern 1863); Die VIII. Sitzungsperiode des Königl. preuß. Landesökonomie-Collegiums, Supplement zu den Annalen der Landwirthschaft, Bd. 41 S. 67 bis 189 (Berlin, Barthol 1863).

Die Frage, ob der Branntwein resp. Spiritus überhaupt besteuert werden solle, braucht wohl kaum erörtert zu werden. Es wird sich so leicht keine Stimme dagegen

erklären, da der Staat durch Erhebung der Branntweinsteuer in den Stand gesetzt ist, eine höchst bedeutende Einnahme zu erzielen, die vom Consumenten getragen werden soll, für diesen aber auf keine Weise drückend ist, weil der Consum eines großes Quantums von Branntwein schon der Natur der Sache nach unmöglich ist, mithin auch die beim jedesmaligen Genuß fällig werdende Steuerquote höchst unbedeutend ist; sodann aber auch weil der Branntwein nicht zu den zum Unterhalt des Lebens unbedingt erforderlichen Nahrungsstoffen zu zählen ist; die Belastung eines Luxusnährstoffs ist aber gewiß die gerechteste von allen Steuern. Anders ist es aber mit dem Spiritus, welcher nicht als Getränk, sondern im Betriebe anderer Industriezweige gebraucht wird. Auf diese ist auch von einzelnen Steuergesetzgebungen Rücksicht genommen und es tritt dafür entweder gänzlicher Erlaß oder Ermäßigung der Steuer ein. Es ist damit nur eine Schwierigkeit verbunden, nämlich die Sicherstellung des Fiscus, daß der unter solcher Begünstigung verkaufte Alkohol auch wirklich seinem Zwecke gemäß verwandt und nicht in betrügerischer Absicht der Steuer entzogen werde, um doch als steuerbares Product dem Consum übergeben zu werden.

Die übliche Besteuerung des Branntweins läßt sich auf zwei verschiedene Systeme zurückführen. Das erste ist eine Fabrikationssteuer und trifft den Branntwein in einem gewissen Stadium seiner Bereitung. Das zweite ist eine Fabrikatsteuer und wird erst von dem fertigen Product erhoben. Die Monopolisirung der Branntweinbereitung ist eine Besteuerung, die auf den Fabrikationsbetrieb keinen Einfluß hat, und braucht daher hier nicht berücksichtigt zu werden; sie existirt nur noch in Rußland.

Die Fabrikatsteuer kann erhoben werden entweder direct vom Consumenten, sie wird dann also Verbrauchssteuer, oder vom Fabrikanten je nach der Menge des erzeugten Products. Das erstere System ist nur in Frankreich, das zweite früher nur in England, jetzt auch in Oesterreich in Anwendung.

In Frankreich bezahlt der Branntweinbrenner außer seiner Gewerbesteuer (Licenzabgabe) keine Steuer für sein Product, so lange es nicht aus seiner Hand kommt. Der eigne Bedarf des Hauses ist ihm daher völlig freigegeben.

Es trifft dieser Vortheil namentlich die kleinen ländlichen Brennereien, die eben nur das für ihren Hausbedarf nöthige Quantum aus selbst producirten Rohstoffen herstellen. Diese letzteren werden als Sieder des eignen Erzeugnisses (bouilleurs du crû) bezeichnet und sind außerdem auch von der Licenzabgabe befreit. Sobald sie jedoch Branntwein verkaufen, fallen sie in die Classe der Gewerbsbrenner (distillateurs et bouilleurs de profession).

Die Gewerbsbrenner unterliegen in ihrem Betriebe einer Polizeicontrole. Vor jeder Operation haben sie eine Declaration auszufertigen, worin das Quantum des Maischguts, die Menge des darzustellenden Products, die Nummer der Apparate 2c. anzugeben ist. Das Quantum der verarbeiteten Maische wird dabei zu $^6/_7$ des Inhalts des Gährbottichs angenommen, d. h. $^1/_7$ des Inhalts wird für Steigraum gerechnet. Brenner nicht mehliger Stoffe haben das Quantum des Rohmaterials und den Alkoholgehalt der gegohrenen Flüssigkeit zu declariren. Da der Brenner während der Fabrikation keine Steuer zu zahlen hat, so sind diese Declarationen bloße Vorsichtsmaßregeln, um eine Controle für die richtige Besteuerung des fertig gewordenen Products zu erlangen. Die Controle ist aber eine höchst unsichere und kann mit größter Leichtigkeit umgangen werden. Der fertige Spiritus kann vom Fabrikanten an jeden Großhändler, dessen Lager unter der Aufsicht der Steuerbeamten steht, verkauft werden, er kann unter diesen Umständen von einer Hand in die andere gehen, ohne versteuert zu sein. Erst beim Ausschank hat der Kleinhändler die Steuer zu entrichten und diese ist nach dem Gehalt des Spiritus oder Branntweins an reinem Alkohol normirt. Sie beträgt pro Hektoliter reinen Alkohol 37,40 Francs, dazu kommt jedoch noch eine Eingangsabgabe in Städten, die mehr als 4000 Einwohner zählen, und diese variirt in den einzelnen Städten von 4,40 Francs bis 17,60 Francs, endlich wird noch eine städtische Abgabe, das Octroi, erhoben. Von der Verbrauchssteuer werden dem Kleinhändler 3 Proc. für eignen Bedarf und Schwand der Fässer erlassen. Steuerfrei bleibt 1) der Hausbedarf der Brenner, 2) der wirklich exportirte Alkohol und 3) der unter Aufsicht der Steuerbehörden zum Vermischen des Weins verwandte Alkohol.

Dieses System, von dem nur die Grundzüge angeführt werden konnten, hat die Vortheile 1) der völlig freien Ausfuhr, durch welche Rückvergütung unnöthig wird, 2) des geringeren Bedarfs an Betriebscapital, indem der Fabrikant nicht steuerpflichtig ist. Dagegen kommen aber namentlich die Schattenseiten 1) der ungleichen Besteuerung, indem der für den Hausbedarf Arbeitende völlig steuerfrei ausgeht; 2) die durch großartige Schmuggeleien und Unterschlagungen bewirkte Demoralisation; 3) der durch die Schmuggeleien herbeigeführte Ausfall der Einnahmen der Staatscasse. Bei dem in Frankreich organisirten System der Schmuggelei kann man annehmen, daß wohl nahezu die Hälfte des Branntweins unversteuert consumirt wird (Mohl).

Ein Versuch, den Spiritus für technische Zwecke zu ermäßigter Steuer abzugeben, scheiterte daran, daß man kein Mittel auffinden konnte, durch welches der Alkohol auf sichere Weise denaturalisirt werden konnte.

Eine Fabrikatsteuer der unvollkommensten Art, bei der der Fabrikant nach der Quantität seines Products belastet werden sollte, finden wir in dem württembergischen Gesetz von 1827. Es lautet:

„Die Abgabe von Branntwein, zu welchem Malz genommen wird, beträgt neben der Malzsteuer 1 fl. 48 kr. pro Eimer; von Branntwein, zu welchem kein Malz genommen wird, 5 fl. pro Eimer.

„Die Bezahlung geschieht in dem auf die Fabrikation folgenden Rechnungsquartal.

„Vor und nach der Läuterung hat der Fabrikant den Ortsaccisor herbeizurufen.

„Vor der Läuterung untersucht dieser die Qualität der zum Abbrennen bestimmten Materialien möglichst genau und nimmt nach der Läuterung das wirklich producirte Getränk auf."

Eine weitere Besprechung oder Kritik dieses Gesetzes ist wohl unnöthig. Es hat sich selbst gerichtet, insofern es nie zu geregelter Ausübung gelangte.

Consequent durchgeführt war die Fabrikatsteuer bis vor Kurzem nur in Großbritannien. Es bezahlt dort jeder Brenner eine jährliche Gewerbsteuer (Licenz) von 10 Guineen = 70 Thalern, außerdem für jede Gallone Branntwein von 0,919 spec. Gew. oder 56° Tr. in England 7 Shill. 10 Pence (2 Thlr. 18 Sgr.), in Schottland 5 Shill. 8 Pence (1 Thlr. 16⅔ Sgr.), in Irland 4 Shill. (1 Thlr. 10 Sgr.). Da eine Gallone 3,968 pr. Quart sind, so ist mithin dieser Steuersatz für 222 Quartprocente zu entrichten, oder für ein pr. Quart Branntwein von 50 Proc. in England 17,5 Sgr., in Schottland 10,5 Sgr., in Irland 9 Sgr. Eine so enorm hohe Besteuerung, zu der noch die des Malzes hinzukommt, finden wir nirgend wieder. Sie bringt dabei in den drei Königreichen jährlich einen Betrag von nahezu 6 Millionen Pfd. Sterl. oder 40 Millionen Thaler.

Zur Sicherung der Erhebung dieser Besteuerung werden ganz außergewöhnliche Vorkehrungen getroffen. Es sind im Auszuge folgende:

1) Die Brennereien dürfen nur im Innern einer Stadt von mindestens 500 Wohnhäusern, oder höchstens ¼ englische Meile von einer solchen Stadt angelegt werden. Alle landwirthschaftlichen Brennereien sind also ausgeschlossen.

2) Es darf keine Blase zum Rohbrennen angefertigt werden, welche weniger als 400 Gallonen (1587 Quart) enthält; die Blasen zur Läuterung müssen wenigstens 100 Gallonen (397 Quart) fassen. Die Brenner, deren Rohblasen weniger als 3200 Gallonen (12698 Quart) halten, dürfen deren nicht mehr als zwei und zwei zum Läutern anwenden. Man findet in England Blasen, die in einer Füllung bis 80000 Quart halten. Der Zweck dieser Anordnung ist die erleichterte Ueberwachung des großen Betriebes.

3) Die Reservoirs, in welchen die gegohrene Maischwürze (es wird in England nur Würze, keine Maische verarbeitet) aufbewahrt wird, sind unter amtlichem Verschluß. Sie dürfen einerseits nur mit den Gährgefäßen, andererseits nur mit der Blase in Verbindung stehen. Die erforderlichen Röhrenleitungen sind ebenfalls durch den Steuerbeamten verschlossen. Ebenso sind alle übrigen Apparate, welche nicht augenblicklich in Gebrauch sind, unter steueramtlichem Verschluß. Es kann kein Feuer angezündet werden, keine Blase gefüllt oder entleert werden, kein Destillat aus den Vorlagen entfernt werden, so lange der Steuerbeamte nicht die betreffenden Schlösser geöffnet hat.

4) In jeder Brennerei ist Tag und Nacht ein Steuerbeamter zugegen. Es findet dabei von 8 zu 8 Stunden eine Ablösung Statt, so daß auf jede Brennerei drei Beamte kommen. Diese drei Beamten werden täglich wenigstens noch ein Mal durch den Besuch eines Oberbeamten controlirt.

5) Jeder Brenner ist verpflichtet, sein ganzes Geräth nach seinem Cubikinhalte genau zu declariren, sowie jeden Bezug von Rohmaterial, jede angestellte Würze, jede Destillation vorher, sowie am Schluß jeder Woche seinen Materialverbrauch und sein Erzeugniß genau zu declariren.

6) Es darf nicht gleichzeitig gemaischt und destillirt werden; es pflegt daher in der einen Woche die Maischwürze bereitet, in der anderen Woche abgetrieben zu werden.

7) Die Concentration der Maischwürze darf vor der Gährung nur zwischen einem specifischen Gewicht von 1,050 bis 1,090 (12 bis 22° Saccharometer) schwanken, um darnach die zu erwartende Ausbeute an Branntwein sicherer berechnen zu können.

8) Die Quantität der gegohrenen Maischwürze wird von dem Steuerbeamten genau gemessen und saccharometrisch untersucht. Nach den Angaben der Attenuation wird die zu erwartende Ausbeute an Alkohol berechnet und nach dieser Berechnung der Steuerbetrag fixirt. Zeigt sich später, daß das Product nicht der Attenuation der Maischwürze entspricht, so findet keine Rückvergütung der Steuer Statt, wenn der Ertrag zu gering ist; bei höherem Ausbringen muß aber der Steuerbetrag nachbezahlt werden.

9) Der Brenner darf den Rohspiritus nicht in trinkbaren Branntwein und Liqueur verwandeln. Seine Brennerei muß von der nächsten Rectificationsanstalt wenigstens ¼ Meile entfernt sein. Er darf keinen Spiritus im Detail verkaufen. Er darf auch nicht gleichzeitig für den inländischen Consum und für den Export arbeiten; das für den Export bestimmte Product ist steuerfrei.

10) Jeder Rectificirer, Schenkwirth ꝛc. steht unter strengster Controle, die sich auf sein ganzes Lager erstreckt. Findet sich ein Quantum Spiritus, über dessen Bezug er sich nicht zu legitimiren vermag, so wird es confiscirt.

Bei diesen den Betrieb ungemein erschwerenden Vorschriften, deren geringste Uebertretung mit Strafen von außerordentlicher Höhe geahndet wird, ist es wohl nicht anders möglich, als daß nur wenige Brennereien in England überhaupt existiren. Es gab im Jahre 1843 in ganz England (also mit Ausschluß von Schottland und Irland) nur 9 Brennereien, die dadurch aber auch Dimensionen annahmen, von denen man sich in Deutschland kaum eine Vorstellung macht. Eine auf diese Weise durchgeführte Fabrikatsteuer sichert allerdings dem Staate eine hohe Revenüe, sie ist aber von den Fabrikanten von größter Lästigkeit, ihre Erhebung verursacht sehr bedeutende Kosten und sie verhindert gänzlich eine allgemeinere Ausbreitung der Fabrikation.

Das System der Fabrikationssteuer belegt, wie erwähnt, den Alkohol in einem gewissen Stadium seiner Erzeugung mit einer indirecten Steuer. Die älteste Methode dieses Systems ist auf die Erhebung einer bestimmten Abgabe (Blasenzins oder Kesselgeld) von dem Cubikinhalt einer jeden Brennblase für eine gewisse Betriebszeit basirt. Auch sie hat sich als durchaus unpraktisch erwiesen und ist fast überall wieder abgeschafft worden und zwar namentlich, weil sie keine genügende Sicherheit für das Zolleinkommen gewährte. Bei der Einführung dieser Steuer mußte angenommen werden, daß zum Abtreiben einer Blase oder eines bestimmten Quantums Maische eine gewisse Zeit erforderlich sei. Man wußte aber bald durch verbesserte Apparate diese

Zeit so abzukürzen, daß eine große Menge Alkohol unversteuert producirt werden konnte, ohne daß dieses zu verhindern gewesen wäre. (Vergl. auch Rau, Grundsätze der Finanzwissenschaft Bd. II. S. 204.)

In Großbritannien wurde 1786 bei der Einführung des Blasenzinses angenommen, daß man die Blase wöchentlich siebenmal abtreiben könne, und dabei wurde für diesen Zeitraum der Blasenzins auf 1 1/2 Pfd. Sterl. (10 Thlr.) für die Gallone Blasenraum festgesetzt. Bald darauf fingen die Gebrüder Sligo in Leith an ihre Blasen sehr flach und weit zu machen und ihnen einen unverhältnißmäßig großen Helm zu geben, wodurch es möglich wurde, bei starker Heizung und hohem Brennmaterialaufwand schon im Jahre 1788 wöchentlich 40 mal abzutreiben, 1798 konnte die Blase in 8 Minuten, später sogar in 3 Minuten abgebrannt werden. Der Blasenzins wurde darauf bis auf 5 Pfd. Sterl. (33 1/3 Thlr.) erhöhet, bis man sich genöthigt sah, diese Methode ganz fallen zu lassen und zur Fabrikatsteuer überzugehen.

In Preußen wurde 1819 der Blasenzins eingeführt und zwar unter der Voraussetzung, daß 4 Quart Blasenraum in 24 Stunden 1 Quart Alkohol von 50 Proc. Tr. lieferten, wofür dann pro Quart 50procentigen Alkohol eine Steuer von 1 gGr. 3 Pf. (1 Sgr. 6 3/4 Pf.) zu entrichten war. Es war in dem Gesetz Vorsorge getroffen, daß solche Brennereien, welche ihre Blase höher auszunutzen verstanden, also in der gegebenen Zeit von 24 Stunden mehr als 1 Quart Alkohol von 4 Quart Blasenraum zu ziehen wußten, auch eine dem entsprechend höhere Steuer zu zahlen hatten, während minder gut eingerichtete Brenner einen Steuernachlaß bis zur Hälfte genießen konnten. Zur Controlirung des richtigen Eingehens der Steuer mußte während der Zeit, wo nicht gebrannt wurde, der Helm der Blase auf dem Steueramte abgeliefert, oder die Blase unter amtlichen Verschluß gelegt werden.

Diese Methode wurde für den Brenner dadurch vortheilhaft, daß durch rasches Brennen ein kaum controlirbarer Steuergewinn zu erreichen war. Sie war ein Hauptimpuls zur immer weiter getriebenen Verbesserung der Apparate, die in möglichst kurzer Zeit möglichst viel Fabrikat gewinnen ließen. Hätte der Fiscus sich dagegen sichern wollen, so wäre nichts übrig geblieben, als ebenso scharfe Controlirung wie in England eintreten zu lassen, welches aber unthunlich ist, weil die Kosten der Eintreibung dann den Ertrag der Steuer entweder verschlungen oder überstiegen hätten. Der größte Nachtheil traf die landwirthschaftlichen Brennereien, deren Zweck war, für ihren beschränkten Viehstand eben so viel Schlempe zu bereiten, als sie gerade bedurften. Die großen Mastställe der jetzigen Brennereien existirten damals noch nicht. Schon nach 1 1/2 Jahren wurden der Blasenzins für alle Brennereien, welche mehlige Stoffe verarbeiteten, als nicht durchführbar wieder aufgehoben und statt dessen die Maischraumsteuer eingeführt. Im Jahre 1824 wurde der Blasenzins auch für die Brenner nicht mehliger Stoffe aufgehoben und eine Steuer auf die Quantität der abzubrennenden Stoffe gelegt.

Gegenwärtig besteht der Blasenzins nur noch in Baden. Er wird dort in Form eines sogenannten Kesselgeldes entrichtet, welches monatlich von jeder Blase, gleichviel ob sie zum Rohbrennen, zum Rectificiren, zur Liqueurfabrikation, zur Spiritusbereitung benutzt wurde, erhoben wird. Das Kesselgeld beträgt von jedem bad. Maß des Kesselinhalts bei einfachen Kesseln (Blasen) ohne Vor- oder Maischwärmer 3 Kreuzer; bei Kesseln mit Vor- und Maischwärmern 4 1/2 Kreuzer; bei Dampfbrennereien 6 Kreuzer.

Wenngleich die Dampfbrennereien bei einer Steuer von 6 Kreuzern durch die häufigere Benutzung ihrer Apparate doch noch weit günstiger gestellt sind, wie die kleinen Brenner, deren es gerade in Baden eine Unzahl giebt, so ist dieses doch noch die geringste Ungerechtigkeit des Gesetzes. Es wird dabei je nach der häufigeren oder selteneren Benutzung der Blase zum Rectificiren rc. das Fabrikat unter Umständen vier und mehr mal mit der Steuer belegt. Eine Verordnung, die in keinem anderen Lande existirt. Ueberall wird nur das erste Abtreiben besteuert, für Rectificiren, Weinmachen, Spiritus, sind immer die Apparate zur freien Benutzung gegeben. Auch in diesem Punkte ist der Dampfbrenner wieder im größten Vortheil, weil er bei seinen vervollkommneten Apparaten beim ersten Abtriebe Spiritus gewinnt und keine zu versteuernden Rectificationen vorzunehmen braucht.

Der Blasenzins wurde in Preußen mit dem 1. Januar 1821 für alle Brennereien mehliger Stoffe aufgehoben und an seine Stelle die sogenannte Maischbottichraumsteuer gesetzt. Sie sollte füglich Gährbottichraumsteuer heißen, da nur der Inhalt der Gährgefäße, nicht aber der der Apparate, in denen die Maische bereitet wird, versteuert wird. Dasselbe System wurde nach und nach in den meisten Ländern eingeführt, es gilt jetzt für fast alle Länder des deutschen Zollvereins, für Belgien, Holland, und hat auch bis zum 1. November 1862 in Oesterreich bestanden. Im Zollvereine haben sich vertragsmäßig einige Regierungen das Recht vorbehalten, einen von dem preußischen abweichenden Steuerbetrag erheben zu dürfen; im Wesentlichen gelten jedoch überall dieselben Vorschriften für die Erhebung der Steuer und die Art ihrer Controle. Es wird daher genügen, nur die preußischen Bestimmungen zu betrachten.

Beim Erlaß des Gesetzes wurde angenommen, daß beim Einmaischen auf 1 Th. Trockensubstanz 8 Th. Wasser kommen, daß die gährende Maische 1/7 ihres Volums Steigraum bedürfe und daß 100 Quart der weingaaren Maische 5 Quart Branntwein von 50° Tr. liefern. Um demnach den alten Steuersatz von 1 1/4 gGr. pro Quart Branntwein zu erheben, müßten 20 Quart gegohrene Maische oder mit Hinzunahme des Steigraums von 1/7 des Maischvolums, also 22 6/7 Quart vom Inhalt des Gährbottichs mit einer Steuer von 1 1/4 gGr. für die jedesmalige Benutzung belegt werden. Es fand jedoch insofern noch eine Ermäßigung Statt, als der Steuerbetrag von 1 1/4 gGr. — 1 Sgr. 6 3/4 Pf. — erst von 25 Quart des Inhalts vom Gährbottich erhoben wurde.

Es erwies sich indeß sehr bald, daß diese Rechnung dadurch illusorisch gemacht wurde, daß man zum Einmaischen nicht mehr 8 Th. Wasser, sondern bedeutend weniger anwandte und so aus 25 Quart versteuertem Raume weit mehr als das berechnete Quantum Branntwein zog. Um diesen Ausfall der Steuer zu decken,

wurde schon 1824 eine Erhöhung eingeführt und der Betrag von 1 Sgr. $6^3/_4$ Pf. nicht mehr von 25, sondern von 20 Quart erhoben. Dabei wurde jedoch für landwirthschaftliche Brennereien eine bedeutende Vergünstigung eingeführt, indem solche, die nur vom 1. November bis zum 1. Mai im Betrieb waren und täglich nicht mehr als 900 Quart Gährbottichraum benutzten, nur $1^1/_3$ Sgr. pro 20 Quart bezahlten.

Als wesentlichste Controle für den Betrieb wurde zugleich bestimmt, daß die Maische entweder nach drei oder nach vier Tagen, nach der Wahl des Fabrikanten, abgetrieben sein müsse; daß ein genauer Betriebsplan jedesmal für die Dauer eines Monats an die Steuerbehörde, wenigstens drei Tage vor dem ersten Einmaischen eingeliefert sein müsse; daß in diesem Plane genau für Tag und Stunde die beabsichtigte Benutzung eines jeden Gefäßes declarirt sein müsse. Es wurde zugleich festgesetzt, daß, wenn in irgend einem nicht declarirten Gefäße zur Stunde der Revision Maische gefunden werden würde, eine Strafe von Hundert Thalern und Confiscation des Geräths verwirkt sei; würde jedoch dabei eine Absicht der Steuerverkürzung nachzuweisen sein, so sollte noch außerdem eine bedeutend höhere Defraudationsstrafe, mit zeitweiliger oder gänzlicher Entziehung der Concession eintreten.

Durch die erhöhete Steuer wurde der Sporn zu neuen Vervollkommnungen gegeben, immer mehr wurde man dahin getrieben, aus dem gegebenen Maischraum möglichst viel Alkohol zu ziehen, und erreichte dieses so vollkommen, daß schon am 16. Juni 1838 ein Gesetz erlassen werden mußte, welches die Steuer für 20 Quart auf 2 Sgr., und für landwirthschaftliche Brennereien, denen noch der Betrieb bis zum 16. Mai gestattet wurde, auf $1^2/_3$ Sgr. erhöhte.

Am 1. Juni 1854 wurde wieder ein neues Gesetz erlassen, welches für die Dauer bis zum 31. Juli 1855 die Steuer auf $2^1/_2$ resp. $2^1/_3$ Sgr., von da ab aber auf 3 Sgr. resp. $2^1/_2$ Sgr. (letzteres für landwirthschaftliche Brennereien) in die Höhe schrob.

Für exportirten Spiritus wird nach mehrfach abgeänderten Sätzen gegenwärtig eine Steuerbonification von 10 Pfennigen ($^5/_6$ Sgr.) pro Quart von 50° Tr. zurückvergütet, laut Gesetz vom 11. October 1854.

Im Wesentlichen dasselbe System der Branntweinbesteuerung wie Preußen haben außer den deutschen Ländern auch Holland und Belgien. In Holland findet aber eine, sich dem französischen System nähernde Abweichung Statt. Die Steuer wird dort dem Fabrikanten zum Theil so lange creditirt, bis das Fabrikat an den Kleinhändler übergeht; beim Verkauf an einen Großhändler, dessen Lager unter Aufsicht des Steueramtes steht, wird noch keine Steuer fällig, deren Betrag, nach dem erforderlich gewesenen Gährbottichraum berechnet, bis kurz vor dem Consum auf dem Fabrikate haften bleibt. Ebenso wird keine Steuer von allem nachweisbar exportirten Branntwein erhoben. In Belgien wird die Benutzung des Gährbottichs jedesmal für 24 Stunden besteuert. In Kurhessen war das alte Kesselgeld am längsten aufrecht erhalten, in neuerer Zeit hat man sich dort aber der belgischen Methode genähert, insofern man auf einen gewissen Inhalt der Blase einen bestimmten Maischgährraum bestimmte und diesen für die 24stündige Benutzung versteuert. Es wird dort von 4 Maß Blaseninhalt 2 Sgr. 8 Pf. Steuer für 24 Stunden erhoben und dabei auf diesen Inhalt 81 Maß Gährraum frei gegeben, wobei angenommen wird, daß von dieser Maische täglich ein Drittel in 7 bis 8 Abtrieben destillirt werden könne. Es ist dort erlaubt, Tag und Nacht zu arbeiten, nach Belieben zu destilliren und zu maischen. Es wird daher der ganze Gährraum auf 2 Bottiche vertheilt und diese schon nach 48 Stunden nach rasch beendigter Gährung abgetrieben.

Kehren wir zum preußischen System zurück, so finden wir zunächst die große Schattenseite, daß die Fabrikation ungemein dadurch gehemmt wird, indem der Betrag der Steuer nur dann aufzubringen ist, wenn man sehr concentrirte Maischen anwendet. Der zu zahlende Steuerbetrag bleibt immer derselbe, gleichviel ob die Maische 5 oder 9 Proc. Alkohol enthält. Eine Ausbeute vom Gährraum von 9 Proc. Alkohol wird wohl kaum regelmäßig erreicht; als Mittel der gut arbeitenden Brennereien kann man aber annehmen, daß aus Getreide und guten Kartoffeln jetzt durchschnittlich $7^1/_2$ bis 8 Proc. Alkohol von jedem Quart Gährraum gezogen werden. Bei ungünstigen Kartoffelernten, wo man ein nur wenig stärkemehlhaltiges Rohmaterial zu verarbeiten hat, erreicht man aber eine solche Ausbeute durchaus nicht und hat dann den doppelten Verlust, den Ausfall an der Ernte und die zu hohe Steuer. Die Verarbeitung von anderen Stoffen, deren Natur nicht gestattet, eine so hohe Ausbeute zu erlangen, wird dadurch ganz ausgeschlossen.

Die Berechnung der Ausbeute nach dem Gährraum geschieht auf die Weise, daß man die Quartzahl des gewonnenen Spiritus mit seinem Procentgehalt multiplicirt und durch die Zahl der versteuerten Quarte Gährraum dividirt. Man habe z. B. 320 Quart Spiritus von 80° Tr. aus einem Gährraum von 3500 Quart gewonnen, so ist die Ausbeute $\frac{320 \,.\, 80}{3500} = 7^1/_3$ Proc.

Wie ungleich der auf das Product fallende Steuerbetrag ist, ergiebt sich am besten aus folgender, von Janke berechneten Zusammenstellung. Dieselbe Steuer von 3 Sgr. pro 20 Quart Gährraum wird bezahlt bei einer Ausbeute von:

5 Proc. pro Quart Gährraum, also für 5 × 20 Proc. Alkohol = 100 Proc. = 2 Quart à 50 Proc. Tr.
6 Proc. pro Quart Gährraum, also für 6 × 20 Proc. Alkohol = 120 Proc. = 2,4 Quart à 50 Proc. Tr.
7 Proc. pro Quart Gährraum, also für 7 × 20 Proc. Alkohol = 140 Proc. = 2,8 Quart à 50 Proc. Tr.
7,5 Proc. pro Quart Gährraum, also für 7,5 × 20 Proc. Alkohol = 150 Proc. = 3 Quart à 50 Proc. Tr.
8 Proc. pro Quart Gährraum, also für 8 × 20 Proc. Alkohol = 160 Proc. = 3,2 Quart à 50 Proc. Tr.
9 Proc. pro Quart Gährraum, also für 9 × 20 Proc. Alkohol = 180 Proc. = 3,6 Quart à 50 Proc. Tr.

Auf 1 Quart Alkohol von 50 Proc. oder auf 50 Quartprocente kommen demnach Steuer bei einer Ausbeute von

5 Proc. für 20 Quart Gährraum = 100 Proc., also $\frac{36 \,.\, 50}{100}$ = 18 Pfennige Steuer.

6 Proc. für 20 Quart Gährraum = 120 Proc., also $\frac{36 . 50}{120}$ = 15 Pfennige Steuer.

7 Proc. für 20 Quart Gährraum = 140 Proc., also $\frac{36 . 50}{140}$ = 12,9 Pfennige Steuer.

7,5 Proc. für 20 Quart Gährraum = 150 Proc., also $\frac{36 . 50}{150}$ = 12 Pfennige Steuer.

8 Proc. für 20 Quart Gährraum = 160 Proc., also $\frac{36 . 50}{160}$ = 11,25 Pfennige Steuer.

9 Proc. für 20 Quart Gährraum = 180 Proc., also $\frac{36 . 50}{180}$ = 10 Pfennige Steuer.

Die Differenz der Steuer nach dem Ausbringen ergiebt sich am besten aus einem Beispiele. Eine Brennerei arbeite im Jahre 250 Tage und erzeuge täglich 300 Quart Spiritus von 80° Tr., mithin im Jahre 6000000 Proc. In einem Jahre seien durchschnittlich nur 5 Proc. Alkohol vom Gährraum gewonnen, im anderen Jahre dagegen 7,5 Proc., so fallen im ersten Jahre auf je 100 Proc. 3 Sgr. oder 0,1 Thaler Steuer, im zweiten aber erst auf 150 Proc. 3 Sgr. oder 0,1 Thaler Steuer, mithin sind im ersten Jahre an Steuer 6000 Thaler, im zweiten 4000 Thaler zu zählen.

Nimmt man, um runde Zahlen zur Rechnung zu ziehen, an, daß aus 100 Pfd. Stärke oder Zucker 50 Pfd. Alkohol gewonnen würden, so erforderte eine Brennerei, welche jährlich 6 Millionen Quartprocente Alkohol bereitet, 218000 Pfd. Stärke oder Zucker. Würden Kartoffeln mit 20 Proc. Stärkegehalt verarbeitet, so würden dazu 10900 Centner (à 100 Pfd.) erforderlich sein. Zur Erzeugung derselben Menge Alkohol aus Zuckerrüben, wenn diese 10 Proc. Zucker enthielten, würde man daher 21800 Centner bedürfen. Bei den Kartoffeln könnte man aus dem Gährraum leicht 7,5 Proc. Alkohol ziehen, während die Ausbeute bei den Rüben höchstens 5 Proc. betragen wird. Wenn daher die erforderliche Menge Rüben denselben Werth hätte wie die entsprechende Menge Kartoffeln, so würde man noch an der Steuer einen Schaden von 2000 Thalern haben. Sollte dieser ausgeglichen werden, so müßte man $21800 + \frac{21800}{3} = 29067$ Centner Rüben für denselben Preis wie 10900 Centner Kartoffeln beziehen können. Also erst dann, wenn der Preis der Kartoffeln sich zu dem der Rüben wie 3 : 1 stellt, wird man diese, ohne Schaden an der Steuer zu erleiden, auf Alkohol verarbeiten können. Da aber die Fabrikationskosten beim Rübenbetriebe unstreitig höher als bei Kartoffeln sind, so wird man, bei unseren Steuerverhältnissen, auf erstere erst dann einen Brennereibetrieb gründen können, wenn die Zuckerrüben nur ein Viertel so theuer wie Kartoffeln sind.

Wirkt das System der Besteuerung lähmend auf die Industrie, so wirkt die zur Aufrechterhaltung des Systems erforderliche Controle womöglich noch nachtheiliger. Es ist vorzugsweise der berüchtigte Hundert-Thaler-Paragraph des Gesetzes, welcher jeden Brennereibesitzer in Angst und Sorge versetzt. Mit diesem Strafmaß wird der jedesmalige Befund von Maische in nicht declarirten Gefäßen belegt, und es kann, sobald eine böswillige Absicht vorliegt, eine um mehr als das Hundertfache vergrößerte Strafe erkannt werden. Kann diese Strafe nicht an dem wirklich Schuldigen, an dem Arbeiter, dem Inspector rc. vollstreckt werden, so bleibt der Besitzer der Brennerei, selbst wenn dieser nachweisen kann, daß die Contravention gänzlich ohne sein Wissen und sein Zuthun stattgefunden hat, mit seinem Gesammtvermögen dafür haftbar und wird noch außerdem durch Entziehung der Concession gestraft. Vor nicht langer Zeit hatte ein bekannter Gutsbesitzer auf solche Weise eine Strafe von 20000 Thalern zu zahlen und verlor die Berechtigung des Betriebes.

Scheinbar ist das Vorhandensein von Maische in nicht declarirten Gefäßen leicht zu vermeiden, da ja nur der Betriebsplan richtig eingehalten zu werden braucht, um jede Defraude unmöglich zu machen. Es treten aber leicht Fälle ein, bei welchen man nur die Wahl zwischen großem Verlust an Maische oder einer Gesetzüberschreitung hat. Bei gewisser Beschaffenheit des Ferments, namentlich wenn die Temperatur des Gährlocals hoch ist, wird nicht selten die Gährung so lebhaft, daß der im Bottich frei gelassene Steigraum nicht hinreicht, um die stürmisch aufwallende Maische zu fassen. Die Maische fließt in Strömen an den Wänden des Bottichs herab und ergießt sich in die nächste Pfütze. Ein der Gesetze unkundiger Arbeiter, der in bester Absicht seinem Herrn diesen Verlust ersparen will und nur einen Eimer der Maische aus dem Bottich schöpft, um Raum zu gewinnen, hat sofort die Hundert Thaler Strafe verwirkt, weil der Eimer nicht als Gährgefäß declarirt ist.

Wenngleich der Fiscus gegen Defrauden sich auf jede mögliche Weise schützen muß, so liegt doch in dieser Strafbestimmung eine große Härte und ein Verstoß gegen das allgemeine Wohl, indem man dadurch gezwungen ist, werthvolles Material ohne jeglichen Nutzen zu vergeuden. Außer diesem Abschöpfen der Maische kann noch eine ganze Reihe von anderen Fällen eintreten, in denen der Strafparagraph in Anwendung kommt, deren Erwähnung aber zu weit führen würde.

Unter solchen Umständen ist es gewiß für die Spiritusindustrie eine brennende Frage der Zeit, ob das jetzige System der Besteuerung zu modificiren oder durch ein anderes zu ersetzen sei. Es sind in dieser Beziehung bereits mannigfache Vorschläge gemacht und der Gegenstand ist schon vielfach verhandelt worden. Fast allgemein spricht sich der Wunsch dahin aus, daß das geltende System ganz beseitigt und durch eine Steuer vom Fabrikat ersetzt werden möge. Die Fabrikatsteuer in reinster Form haben wir in England. Jedoch dort unter solchen Verhältnissen wie sie in Deutschland nicht anwendbar sind. Dort sind im ganzen Lande kaum ein Dutzend Brennereien und für jede derselben ist zur Ueberwachung des Betriebes ein Beamtenpersonal von drei Leuten erforderlich, ohne die höheren Beamten zu rechnen. In Deutschland haben wir, mit Einschluß der österreichischen Kronlande, sicher gegen hunderttausend Brennereien, die nicht zu centralisiren sind und für die nach dem englischen System demnach Heere von Beamten erforderlich sein würden, welche mehr als den gesammten Ertrag der Branntweinsteuer verschlingen würden.

Es bleiben demnach zur Controle des Fabrikats

zwei Wege offen. Nach dem einen würde das Destillat in ein großes, unter Steuerverschluß stehendes Reservoir fließen, dessen Inhalt von Zeit zu Zeit bestimmt und alkoholometrisch untersucht würde, um nach seiner Quantität und Qualität den schuldigen Steuerbetrag zu berechnen. Dieser Modus hat aber in der Ausführung Vieles gegen sich, da er einerseits die Steuerbehörde nicht genügend sichert, andererseits aber dem Fabrikanten die augenblickliche Disposition über sein Eigenthum entzieht.

Die andere Methode beruht auf der Controle der Quantität und Qualität des Destillats während der Destillation selbst, durch eine mechanische Meß- oder Wägvorrichtung, die am Ende des Kühlapparats angebracht ist und unter solchem Verschluß der Steuerbehörde steht, daß sie jedem Andern völlig unzugänglich ist. Es braucht dann nur Sorge dafür getragen zu werden, daß aus dem Destillationsgefäß weder Dämpfe noch condensirte Flüssigkeit auf anderem Wege entnommen werden können, als nachdem sie den Controlapparat passirt haben. Dieses Letztere ist unschwer zu erreichen. Weit größere Schwierigkeit macht jedoch die Construction des Apparates selbst. Der Freiherr Senfft von Pilsach erwarb sich im Jahre 1856 das große Verdienst, für die beste Construction eines solchen Apparates einen hohen Preis auszusetzen. Es gingen in Folge dessen dem Preisrichteramte, welches durch das königliche Landesökonomie-Collegium gebildet wurde, nicht weniger als 46 Bewerbungen ein, — jedenfalls ein Beweis dafür, daß das lebhafte Bedürfniß für eine derartige Abänderung der Steuer empfunden wird. Als die beiden relativ besten Apparate wurden die der Herren Albrecht in Königsberg und Nöggerath in Liegnitz, jetzt in Saarbrücken, erkannt und jenen Herren die beiden Preise zuerkannt. Leider hatten sie jedoch, nach Ansicht des Preisrichteramtes und des Ministeriums, noch nicht die Vollkommenheit erreicht, um darauf hin eine Aenderung des bestehenden Systemes eintreten zu lassen.

Zu gleicher Zeit, als das preußische Landesökonomie-Collegium zum ersten Male die Frage der Fabrikatsteuer verhandelte, war in Oesterreich eine Commission unter dem Vorsitz des Präsidenten der Akademie der Wissenschaften, Freiherrn von Baumgarten, und bestehend vorzugsweise aus Technikern, Landwirthen und Brennereibesitzern, ernannt, um dieselbe Frage zu ventiliren und um zugleich eine Entscheidung darüber abzugeben, ob die bislang construirten Controlapparate ihren Zweck zu erfüllen vermöchten. Diese Commission stimmte insofern mit dem preußischen Landesökonomie-Collegium überein, als sie das Bedürfniß der Einführung der Fabrikatsteuer erkannte, aber sie erklärte auch, daß der von Rittinger construirte Controlapparat, welcher sich bei umfassenden Versuchen durchaus bewährt hatte, jeder Anforderung zu entsprechen im Stande sei, und empfahl dringend unter Benutzung dieses Apparates die Einführung der Fabrikatsteuer. Seitdem sind in Oesterreich noch zwei andere Controlapparate construirt worden, die von Stumpe-Holdmann und von Jacquier, und auch diese haben sich so vorzüglich bewährt, daß mit dem 1. November 1862 die Fabrikatsteuer in Oesterreich allgemein eingeführt ist. Die drei genannten Apparate sind dabei gesetzlich eingeführt und arbeiten jetzt zur größten Zufriedenheit sowohl der Brennereibesitzer, als auch der Steuerbeamten. Nähere Beschreibung der Apparate werden wir unten bei den Utensilien der Brennerei geben.

Mittelst dieser Apparate wird das Product nach Eimerprocenten besteuert und zwar jedes Eimerprocent mit 7,2 Kreuzer österreichischer Währung. Da ein Eimer gleich 49,428 preußischen Quart ist, so ist ein Eimerprocent gleich 49,428 Quartprocenten. Für 100 Eimerprocente ist 7 fl. 20 kr. oder 4 Thlr. 24 Sgr. = 1728 Pf. Steuer zu zahlen, mithin für 100 Quartprocente 35,6 Pf., oder für 1 Quart 50procentigen Alkohol 1 Sgr. 5,8 Pf. Die österreichische Steuer ist daher im Vergleich zu der preußischen ungemein hoch, sie entspricht der preußischen, wenn bei dieser nur 5 Proc. vom Gährraum gezogen werden.

Die vom Spiritus oder Branntwein zu entrichtende Steuer sollte nach der Absicht des Gesetzes nur den Theil des Alkohols treffen, welcher als Getränk consumirt wird. Der größte Theil findet allerdings diese Verwendung, aber ein sehr beträchtlicher Theil des versteuerten Spiritus wird nicht getrunken, sondern in den Gewerben gebraucht, so namentlich zur Schnellessigfabrikation, zur Bereitung essigsaurer Salze, zur Darstellung der verschiedensten Firnisse, zur Anfertigung chemisch-pharmaceutischer Präparate, als Brennmaterial. Für solche Verwendungen sollte billigerweise ein unversteuerter Spiritus abgegeben werden, um diese Gewerbe nicht indirect zu belasten. Es würde dieses wohl geschehen, wenn der Staat die Sicherheit hätte, daß solcher Spiritus wirklich nur auf diese Weise benutzt und nicht durch Unredlichkeit doch als Trinkbranntwein verkauft würde. Namentlich im Anfang und Mitte der vierziger Jahre wurde in Frankreich viel darum petitionirt, einen steuerfreien Alkohol zur Darstellung des sogenannten Leuchtspiritus — einer Lösung von Terpentinöl in starkem Alkohol — bekommen zu können. Die französische Regierung beauftragte damals eine Commission, um Mittel und Wege ausfindig zu machen, den Spiritus so zu denaturalisiren, daß er als Getränk nicht mehr brauchbar sei und nicht ohne so erhebliche Kosten, daß die Steuerverkürzung noch vortheilhaft sein könnte, wieder gereinigt werden könne. Nach dem Bericht dieser Commission sollte dieser Zweck erreicht werden, wenn man den Alkohol mit folgenden Substanzen in den angegebenen Verhältnissen mischte:

Wasserfreier Alkohol.				
998	Th. und	2	Th.	rectificirtes Dippel'sches Oel,
90	„ „	10	„	roher Holzgeist,
85	„ „	15	„	rectificirter Holzgeist,
95	„ „	5	„	flüchtige Steinkohlentheeröle (Siedpunkt 80 bis 100°),
85	„ „	15	„	Steinkohlentheeröle (Siedpunkt 100 bis 110°),
80	„ „	20	„	Holztheeröle,
60—40	„	40—60		alkoholische Terpentinöllösung.

Darauf hin verfügte die französische Regierung, daß solcher denaturalisirter Spiritus zwar nicht völlig steuerfrei abgegeben werden solle, sondern daß die Steuer dafür wesentlich ermäßigt und in einen sogenannten Denaturalisationsaufschlag verwandelt werden solle, der je nach der Menge des zugesetzten ätherischen Oels — man hatte dabei offenbar Terpentinöl oder Steinkohlentheer-

öle im Sinne — höher oder geringer sein sollte. Dieser Aufschlag betrug bei 20 bis 30 Proc. Oelgehalt für Paris 28,80 Fr. pro Hectoliter, bei einem Oelgehalt von 50 Proc. nur 18 Fr. Dieser Aufschlag war ebenso wie die ganze französische Spiritussteuer in den Orten von verschiedener Größe ungleich, indem die Steuer an kleinen Orten geringer als an großen war. Außer durch den geringeren Betrag dieses Aufschlages wurde solcher Spiritus noch dadurch begünstigt, daß die Octroiabgaben der Städte dafür auf ein bestimmtes nicht zu überschreitendes Maximum gebracht wurden, welches aber ebenfalls geringer als das für reinen Spiritus war.

Es wurde durch dieses Gesetz vorzugsweise die Fabrikation des Leuchtspiritus begünstigt, da ein als Minimum 20 Proc. ätherisches Oel enthaltender Weingeist wohl kaum zu irgend einem anderen Zwecke nutzbar ist. Durch die immer allgemeiner werdende Einführung des Gaslichts verschwand der Leuchtspiritus sehr bald wieder und mit ihm das Denaturalisirungsgesetz.

In neuerer Zeit (1853) ist die Sache in England wieder aufgenommen worden. Die von der Regierung zu neuen Versuchen niedergesetzte Commission, Graham, Hofmann, Redwood, fand sofort alle ätherischen Oele als vollkommen ungeeignet, da sie ohne große Schwierigkeit wieder aus dem Alkohol entfernt werden können. Dagegen erwies sich der gereinigte, von allem empyreumatischen Oel befreite Holzgeist als ein durchaus dem Zweck entsprechendes Mittel. Im Verhältniß von 10 Th. mit 90 Th. Alkohol gemischt, liefert er eine Flüssigkeit, die nach dem Verdünnen mit Wasser einen so unerträglichen Geschmack hat, daß selbst der geübteste Trinker sie verschmäht, die auf keine Weise wieder in ihre Bestandtheile zu zerlegen ist und die endlich für die meisten Zwecke benutzt werden kann. Mit größter Leichtigkeit lassen sich daraus alle chemisch-pharmaceutischen Präparate, Aether, Chloroform ꝛc. darstellen. Ungeeignet wird sie dagegen wahrscheinlich nur zur Bereitung von Tafelessig sein, da die sich aus dem Holzgeist bildende Ameisensäure den Geschmack des Essigs beeinträchtigen dürfte.

Die englische Regierung gestattete darauf, daß aller 10 Proc. Holzgeist enthaltender Spiritus, der die Bezeichnung methylated Spirit erhielt, völlig steuerfrei abgegeben werden könne. Es ist dadurch für die Industrie ein wesentlicher Vortheil gewonnen, der um so erheblicher ist, als die enorm hohe Spiritussteuer in England bis dahin die Anwendung des Weingeistes in hohem Grade erschwerte.

Utensilien der Spiritusfabrikation. Jede einzelne der beschriebenen Operationen erfordert besondere Apparate. Abgesehen vom Dampfkessel und der Maschine, von Röhrenleitungen, Wasserbottichen und Pumpen, kommen die folgenden wesentlichsten zur Verwendung:

1) Mühlen zum Zerkleinern von Getreide und Malz.

2) Quetschwerke zum Zerdrücken des Grünmalzes.

3) Kartoffelwäschen zur äußeren Reinigung der Kartoffeln.

4) Dämpffässer zum Kochen und Walzen zum Zerreiben der Kartoffeln.

5) Maischapparate zur Zuckerbildung.

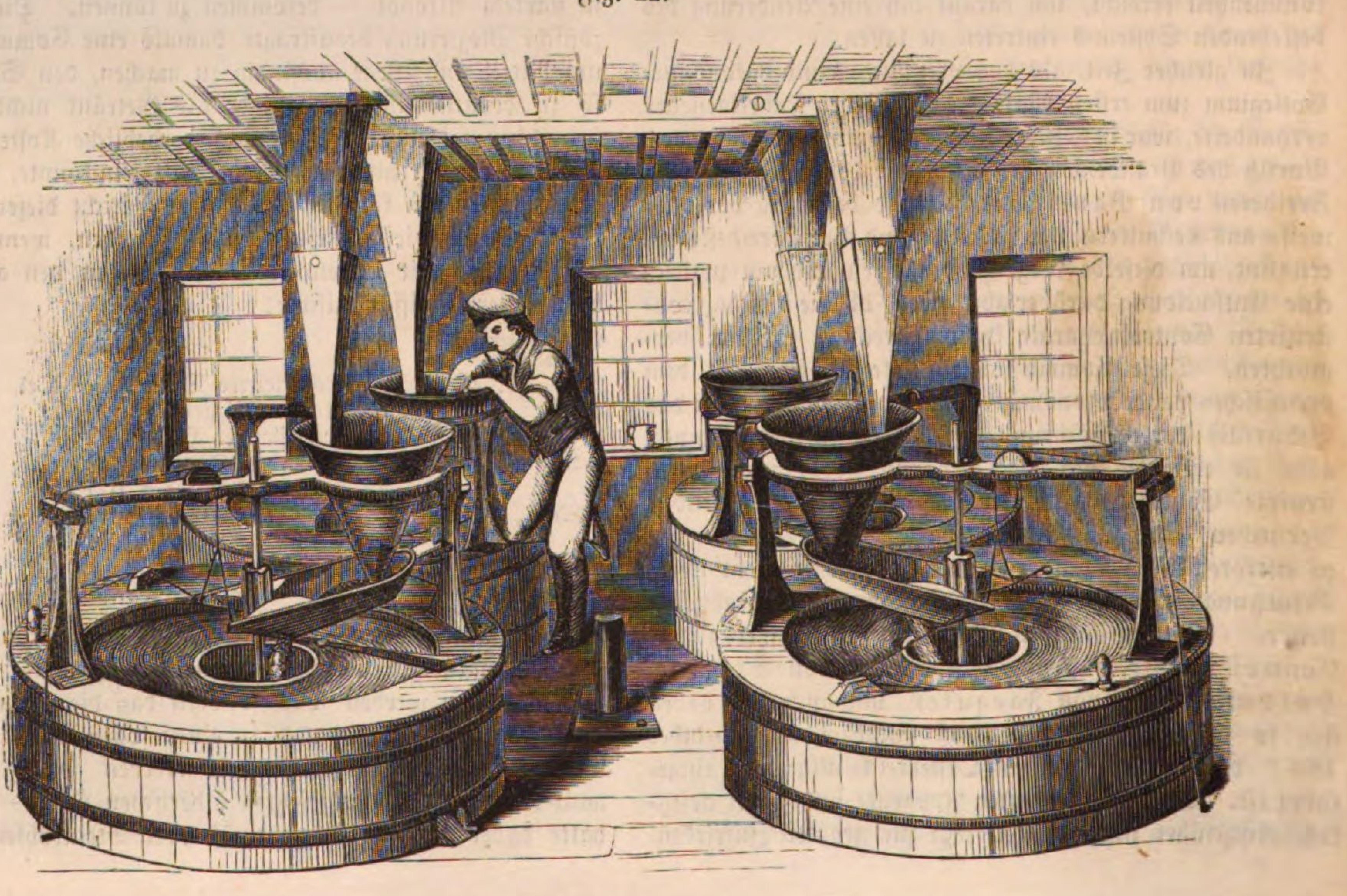
6) Kühlapparate zur Abkühlung der heißen Maische.

7) Gährbottiche, in denen der in der Maische gebildete Zucker in Alkohol verwandelt wird.

8) Destillationsapparate mit den dazu gehörenden Kühlvorrichtungen, um den Alkohol aus der Maische abzuscheiden.

Mühlen. Alle Arten der Getreidekörner müssen zerkleinert werden, theils um die das Mehlkorn umschlie-

Fig. 22.



schließenden Hülsen zu zerreißen, theils um das Stärkemehl in eine solche Vertheilung zu bringen, daß es dem Malzextracte, der Diastase, eine möglichst große Oberfläche darbiete, um durch die Einwirkung derselben in Zucker verwandelt zu werden. Im rohen Zustande verhindert die Hülle des Korns fast gänzlich das Eindringen von Flüssigkeit, alle nicht zerkleinerten oder nur unvollständig zerkleinerten Körner gehen daher verloren. Es kommt dabei jedoch nicht darauf an, daß das Korn zu so feinem Mehl, wie es vom Bäcker gebraucht wird, vermahlen wird, ebenso wenig wird man für den Branntweinbrenner die Kleie durch Sieben entfernen, weil diese stets eine große Menge Stärkemehl zurückhält. Man erreicht seinen Zweck vollkommen durch eine sogenannte Schrotmühle und nennt das Gemahlene Schrot. Sie besteht aus zwei horizontalen Mühlsteinen, von denen der untere, der Bodenstein, festliegt, während der obere, der Läufer, bewegt wird. Das Getreide fällt durch einen Trichter, Rumpf, durch eine Oeffnung in der Mitte des Läufers zwischen die Steine, wird dort zermalmt und wird durch entsprechend geschnittene Furchen im Steine der Peripherie zugetrieben, wo es die Steine als Schrot verläßt und in einen nebenstehenden Behälter geleitet wird. Manche Brenner lassen das Schrot durch ein Sieb gehen und bringen den zu groben Theil nochmals zwischen die Steine. Es kann hier nicht am Ort sein, auf die Construction der Mühlen näher einzugehen. Fig. 22 zeigt die Anordnung des Mühlenraums, wie man ihn in größeren Brennereien trifft. Das Getreide oder das gedörrte Malz fällt durch hölzerne Schläuche vom oberen Boden des Gebäudes in den Rumpf, einen Trichter, unter dessen Oeffnung sich ein hölzerner Kasten von der Form einer Schaufel befindet, der durch einen mit der Maschine verbundenen Mechanismus stets in gelinder Bewegung erhalten wird, und zwar ist diese Bewegung gleichzeitig horizontal und vertical, so daß die aus dem Trichter auf diese Schaufel fallenden Körner gleichmäßig in das Auge des Mühlsteines fallen. Unterbricht man die Bewegung dieser Schaufel, oder verstärkt man sie, so hört im ersteren Falle die Zuleitung des Korns ganz auf, weil der Trichter dadurch abgesperrt wird, im letzteren Falle wird sie aus dem entgegengesetzten Grunde beschleunigt. Die Bewegung des Läufers wird durch ein im unteren Stockwerk befindliches Triebwerk, dessen Welle also durch ein in den Bodenstein gehauenes Loch geht, bewirkt. Das Schrot fällt durch eine seitliche Oeffnung und einen damit verbundenen Schlauch in einen in der unteren Etage befindlichen Behälter oder in ein cylindrisches Sieb.

Quetschwerk für Grünmalz. Das Grünmalz ist so mit Wasser durchdrungen, daß es zwischen Steinen nicht gemahlen werden kann, weil es diese sofort verschmieren würde. Man zerkleinert es daher, indem man es durch zwei Walzen passiren läßt, welche durch ihren Druck die Hülsen vollständig zerreißen und den noch mehligen Körper des Korns so zerreiben, daß er sich später in Wasser leicht zertheilt. Die vorzüglichste Con-

Fig. 23.

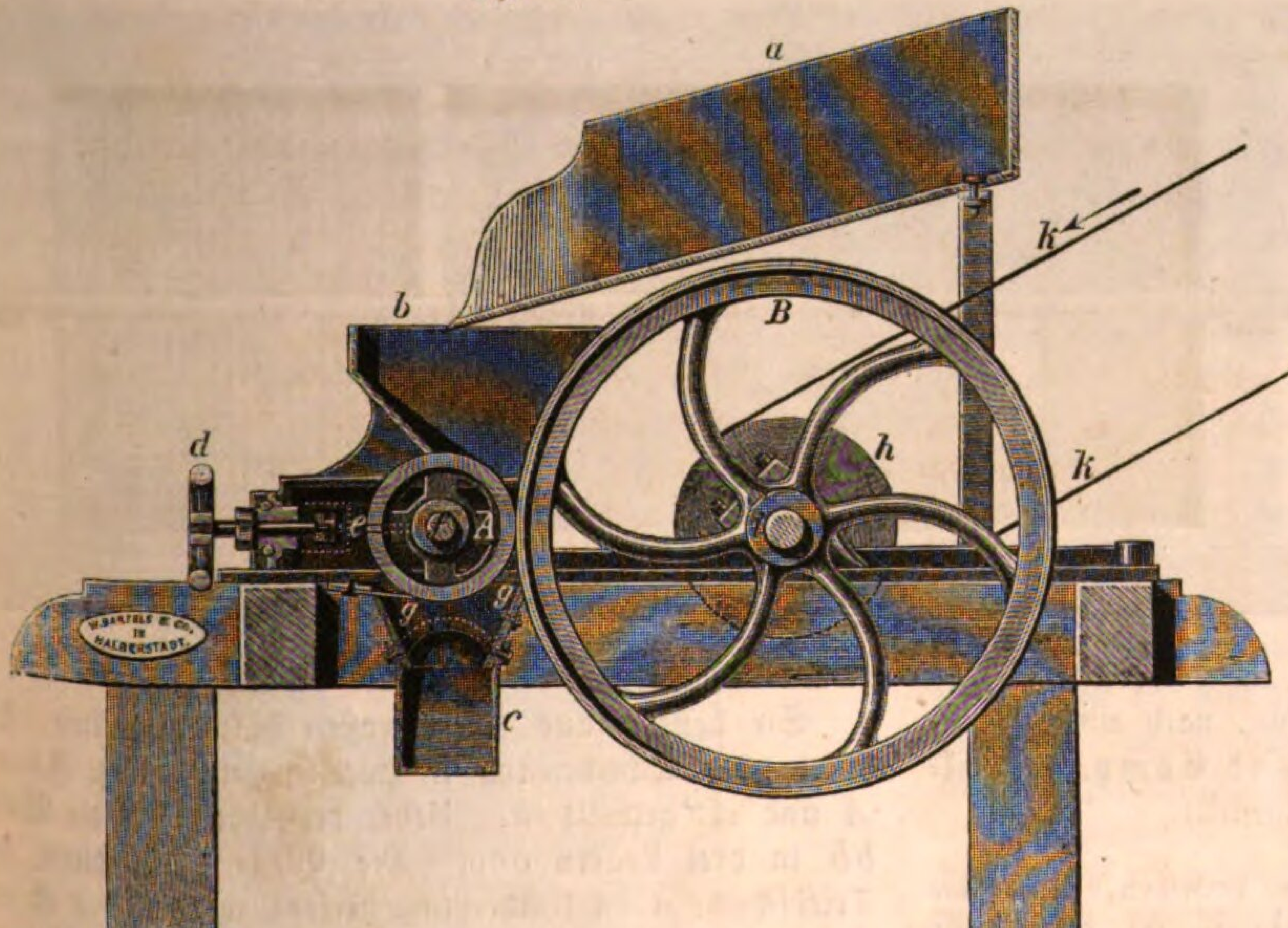
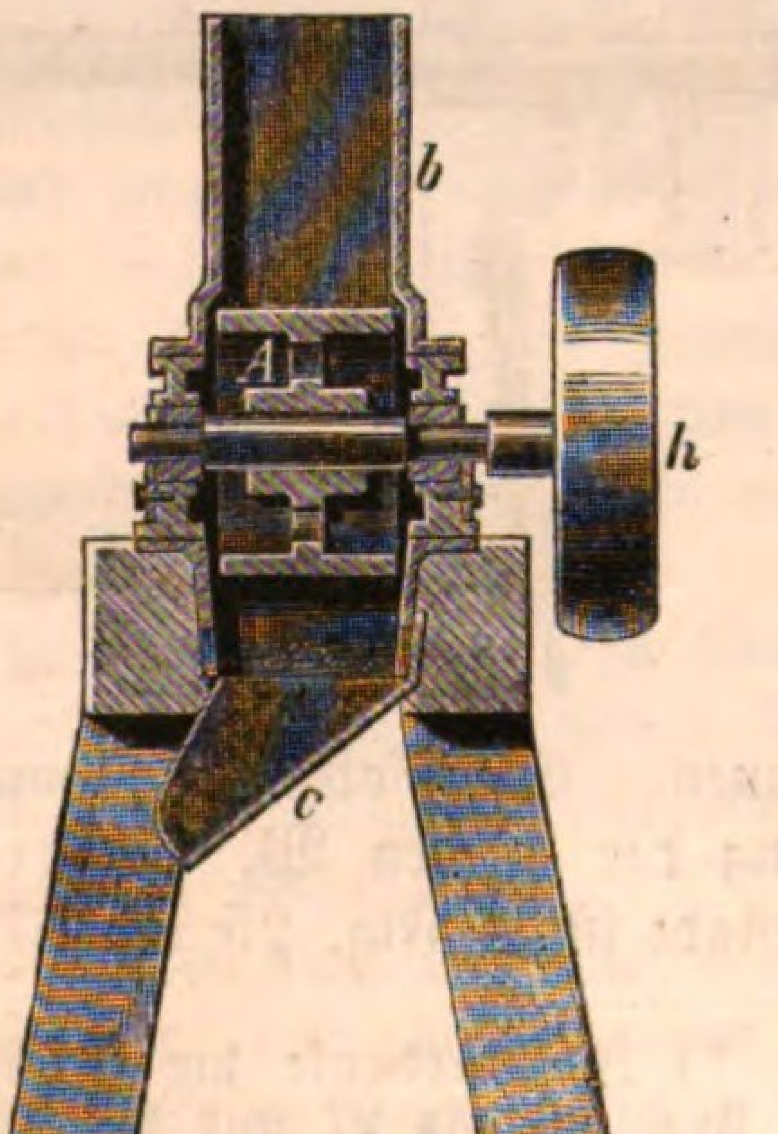


Fig. 24.



12 9 6 3 0 1 2 3 4 5 F. Rh.

struction dieser Quetschen ist in Fig. 23 im Längendurchschnitt und in Fig. 24 im Querdurchschnitt durch den Mittelpunkt der kleineren Walze dargestellt*).

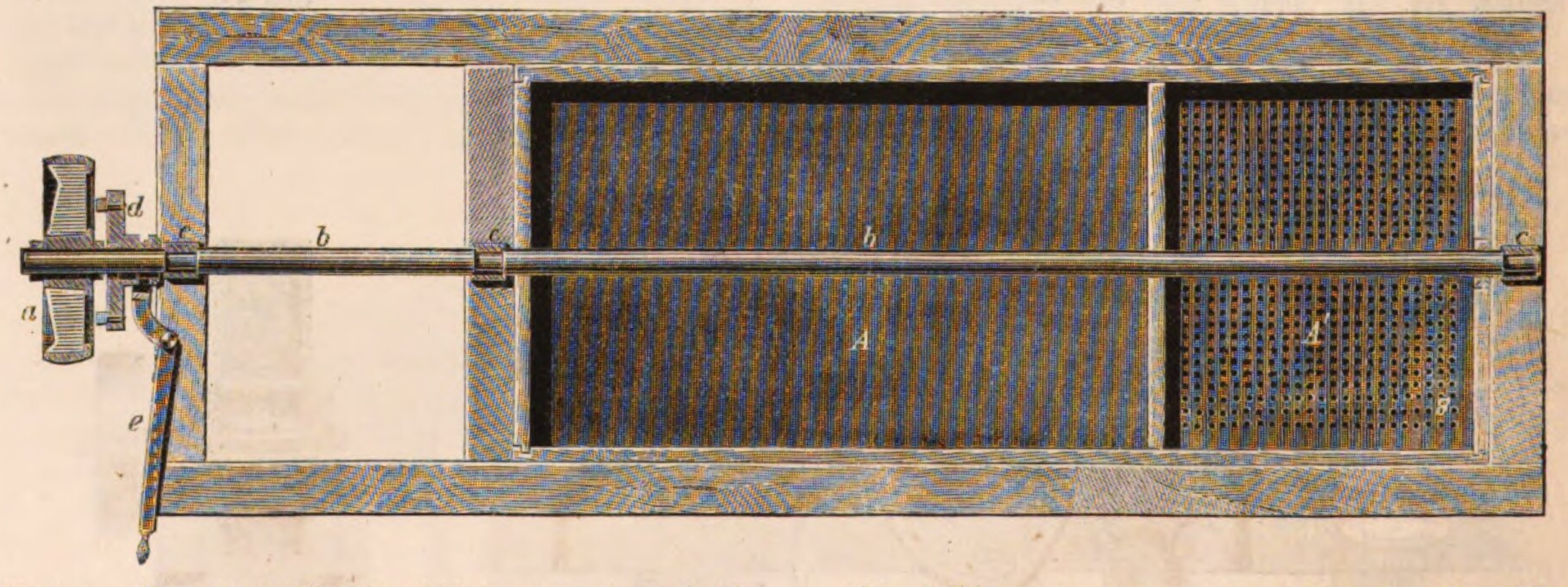
A und B sind zwei eiserne Walzen, zwischen denen das Malz zerquetscht wird. Die letztere ruht mit ihren Achsen in den festliegenden Lagern i und wird durch die Riemenscheibe h durch einen Triebriemen kk in Umdrehung versetzt. Zur Regulirung der Bewegung ist an dem anderen Ende der Welle ein in der Zeichnung nicht sichtbares Schwungrad angebracht. Die Walze B ist bedeutend größer wie A, wodurch ihre Leistung bedeutend erhöhet wird. Die Achsen von A ruhen in den Lagern f, die aber nicht feststehend, sondern beweglich sind, sie gleiten in eisernen Rinnen und können mehr oder weniger nachgeben, je nachdem man die Schraube d fester anzieht oder loser stellt. Diese Schraube wirkt auf eine Spiralfeder, gegen welche die Stange e mit ihrem einen Ende drückt, während das andere Ende dieser Stange eine Platte trägt, die gegen die Lager gerichtet ist. Je nachdem man nun also die Feder mehr oder weniger zusammendrückt, haben die Lager größeren oder geringeren Spielraum. Man erreicht dadurch den Vortheil, daß die Lager sehr wenig abgenutzt werden, da ein übermäßiger Druck auf dieselben, durch Anhäufung größerer Mengen von Malz zwischen den Walzen verursacht, ganz vermieden wird.

Der Kasten a dient zur Aufnahme einer größeren Menge von Malz, welches durch einen Arbeiter in kleinen Portionen in den Rumpf b geschoben wird. Von dort gelangt es zwischen die beiden Walzen und fällt durch die Rinne c als eine lockere, wollige Masse in einen davor stehenden Behälter. Bei der klebrigen Beschaffenheit des Grünmalzes bleibt ein großer Theil desselben an den Walzen hängen. Um diesen zu beseitigen, ist an jeder derselben ein Messer g angebracht, welches so breit wie die Walze ist und fest gegen dieselbe drückt, so daß es Alles, was daran hängen geblieben ist, abschabt.

Bei den beweglichen Lagern der Walze A hat man es ganz in seiner Gewalt, das Malz so fein oder grob zu zerdrücken, wie man will. Durch starkes Anziehen der Schraube d wird die Walze A fester gegen B gedrückt und also der Druck, welcher auf das Malz ausgeübt wird, vermehrt.

Kartoffelwäsche. Beim kleinen Betriebe werden die Kartoffeln entweder gar nicht oder doch nur von Arbeitern mit der Hand gereinigt. Das letztere erfordert, sobald eine größere Menge Kartoffeln zu waschen sind, großen Aufwand von Arbeitskraft und wird dabei selten gründlich beschafft. Man hat daher schon lange Maschinen dazu verwandt, die nach und nach mehr vervollkommnet sind. Eine der neueren Verbesserungen derselben besteht darin, daß man die Kartoffeln nicht allein von anhängendem Schmutz befreit, sondern auch alle ihnen immer anhängenden Steine beseitigt, die sonst beim späteren Zerquetschen große Störungen hervorrufen

Fig. 25.



können. Eine solche Waschmaschine, nach einer Zeichnung der Herren W. Bartels und Comp. in Halberstadt ist in Fig. 25 bis 27 dargestellt.

*) Ich verdanke die Zeichnung derselben, sowie die der Fig. 25 bis 27 und der Fig. 31, 32, 33, 36 und 37 der großen Gefälligkeit der Herren Maschinenfabrikanten W. Bartels und Comp. in Halberstadt, deren Brennereiutensilien ich genau kenne und wegen ihrer durchaus soliden und guten Ausführung nicht genug rühmen kann. Dieselben Herren liefern unter Anderm auch kleine Dampfmaschinen von 2 bis 4 Pferdekraft, die gerade für kleinere Brennereien sehr zweckmäßig sind und dabei den Vortheil haben, daß sie unmittelbar mit einem stehenden Röhrenkessel so verbunden sind, daß sie in jedem bewohnten Raume aufgestellt werden können und keinen eingemauerten Kessel erfordern. Eine solche Maschine sammt Kessel kostet für 2 Pferdekraft 580 Thlr., für 4 Pferdekraft 850 Thlr.

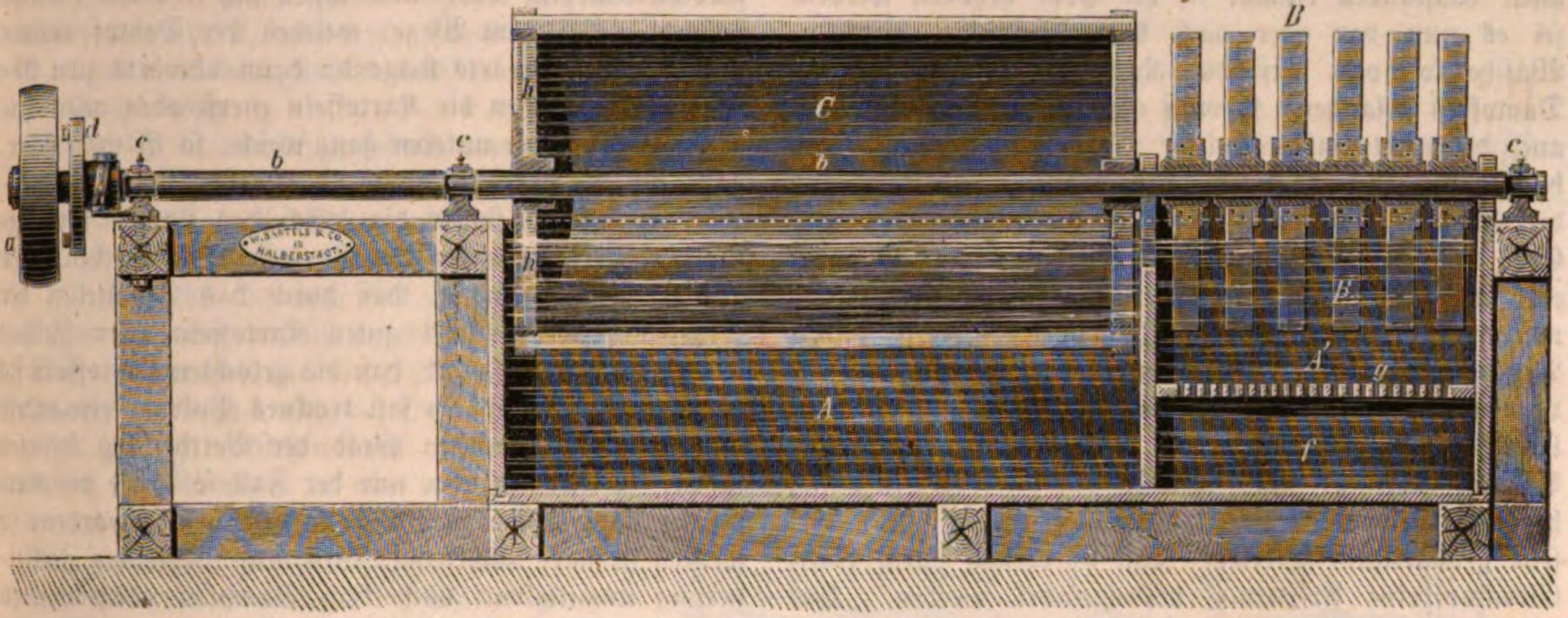
Sie besteht aus einer großen hölzernen Kufe, die durch eine Scheidewand in zwei ungleich große Räume A und A' getheilt ist. Ueber derselben ruht die Welle bb in drei Lagern ccc. Die Welle kann durch die Triebscheibe a in Umdrehung versetzt werden. e ist ein Hebel, mittelst dessen der Anker d, der in der Längenrichtung der Welle gleitet, sich aber nicht um dieselbe drehen kann, in zwei entsprechende Nuten der Triebscheibe eingeschoben oder aus denselben gelöst werden kann. Ist der Anker gelöst, so dreht die Scheibe sich frei um die Welle, die letztere steht daher still, beim Eingreifen des Ankers wird die Welle mit der Scheibe in Drehung versetzt.

Auf dem Theil der Welle, welcher über der kleineren Abtheilung der Kufe liegt, sind sechs Doppelarme BB

spiralförmig aufgezogen. Der längere Theil der Welle trägt die Waschtrommel C, die entweder aus durchlöchertem Eisenblech oder aus Holzstäben gefertigt ist. Die Stäbe liegen höchstens $^1/_4$ Zoll von einander entfernt, so daß keine Kartoffeln durch die Zwischenräume fallen können.

Die Kufe wird zu Anfang der Wäsche etwa halb mit Wasser gefüllt und die Kartoffeln alsdann in kleinen

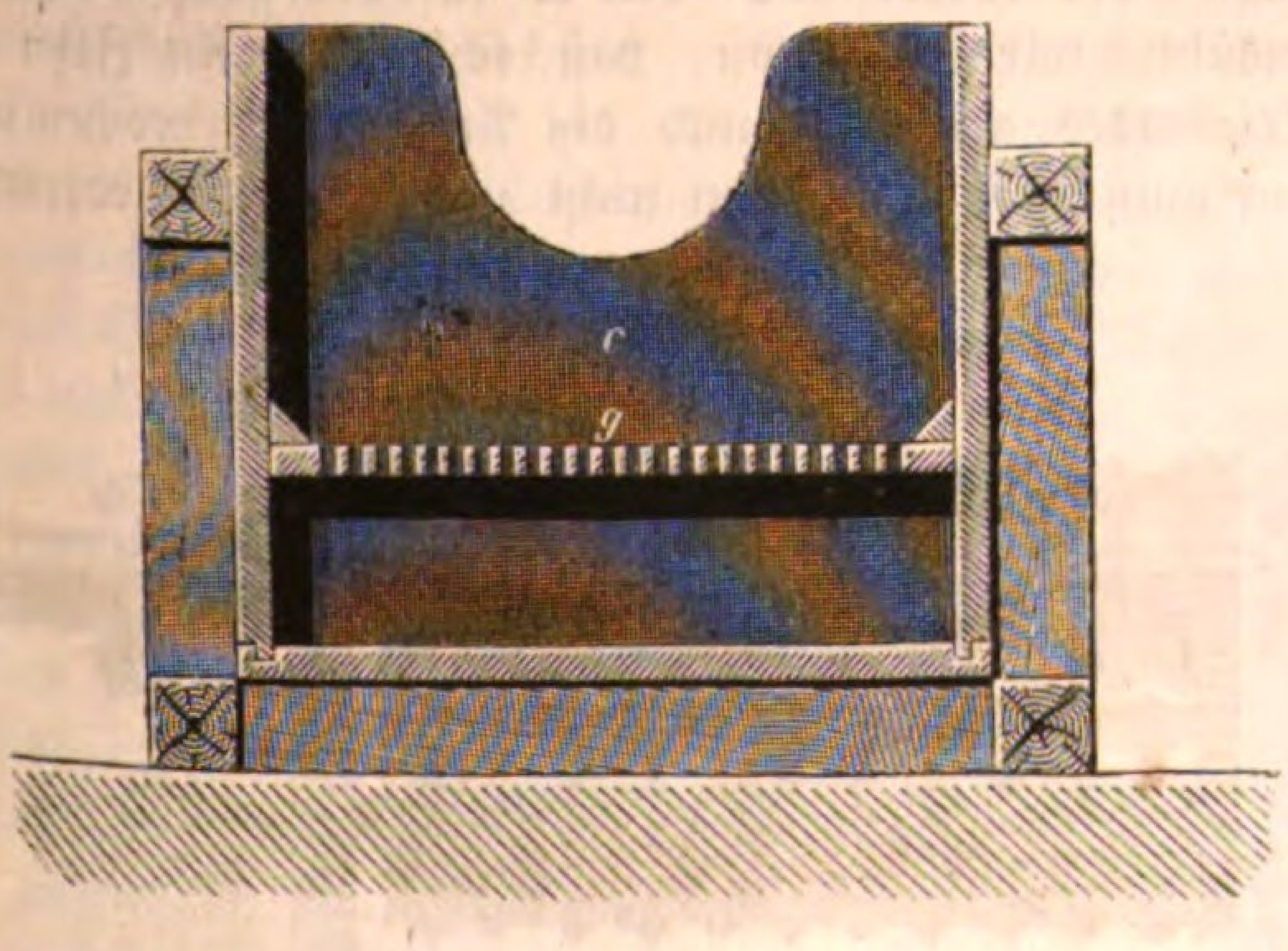
Fig. 26.



Portionen in die Abtheilung A' geworfen, wo sie sogleich von den Armen B ergriffen und in dem Wasser umhergeworfen werden, so daß der größte Theil des Schmutzes hier abgerieben wird. Da die Kartoffeln stets im Schwimmen erhalten werden, so fallen alle ihnen beigemischten Steine im Wasser zu Boden. Die gröbsten derselben sammeln sich auf dem durchlöcherten Boden g, alle feineren gelangen in den unteren Theil des Behälters f, der ein Reservoir für den Schmutz bildet. Durch den Boden g wird die Bewegung der Flüssigkeit in f gehemmt, es können sich daher hier alle schwereren Theile des Schmutzes, Sand u. dergl. ablagern, wodurch bedeutend an Wasser gespart wird, indem dieses dadurch verhältnißmäßig rein bleibt.

Die so schon vorgewaschenen und von Steinen befreiten Kartoffeln werden durch die spiralförmige Stellung der Arme B über den Ausschnitt der Scheidewand, der in Fig. 27 deutlich sichtbar ist, in die

Fig. 27.



eigentliche Waschtrommel C getrieben und gelangen durch das ununterbrochene Nachschieben frischer Kartoffeln durch die Arme B nach und nach bis an das entgegengesetzte Ende. Durch die Drehung der Trommel rollen sie beständig über einander und reiben sich gegenseitig den Schmutz ab, bis sie, bei h angekommen, von einer Schöpfvorrichtung ergriffen und bei der jedesmaligen Umdrehung entweder auf eine daneben befindliche schiefe Ebene oder in Körbe geworfen, um von dort zum Dämpffaß geschafft zu werden. Zweckmäßig bringt man unmittelbar über der Stelle, wo die Kartoffeln die Waschtrommel verlassen, ein continuirlich fließendes Wasserrohr an, um die Kartoffeln zuletzt noch einmal abzuspülen und um die Kufe mit frischem Wasser zu speisen. Das schmutzige Wasser fließt da ab, wo die Kartoffeln eingetragen werden.

Zum Reinigen der Kufe und zum Ablassen des schmutzigen Wassers sind drei durch hölzerne oder eiserne Platten und Bügelverschraubungen zu verschließende Oeffnungen angebracht, und zwar die eine in der Abtheilung A, eine am Boden von A' und eine unmittelbar über dem durchlöcherten Boden g. Je häufiger man das Wasser ganz abläßt und je stärker man es während des Waschens zufließen läßt, um so besser werden die Kartoffeln gereinigt werden.

Die Bewegung des Apparats darf nicht zu schnell sein, damit die Kartoffeln nicht beschädigt werden. Acht bis zehn Umdrehungen pro Minute genügen vollkommen, um eine gründliche Reinigung herbeizuführen.

Bei manchen Wäschen findet man den Steinfänger von der Waschtrommel getrennt, und zwar kommen die Kartoffeln erst dann in diesen, nachdem sie schon gewaschen sind. Die beschriebene Einrichtung ist aber jedenfalls weit zweckmäßiger, da dadurch nicht allein an Wasser, sondern auch an Betriebskraft gespart wird.

Dämpffässer und Kartoffelquetschen. In möglichst großer Nähe der Wäsche befinden sich die Fässer, in denen die Kartoffeln durch Dampf gekocht oder gedämpft werden. Man giebt dann der Wäsche eine solche Stellung, daß die Kartoffeln entweder aus dieser unmittelbar in das Kochfaß fallen, oder daß die gewaschenen

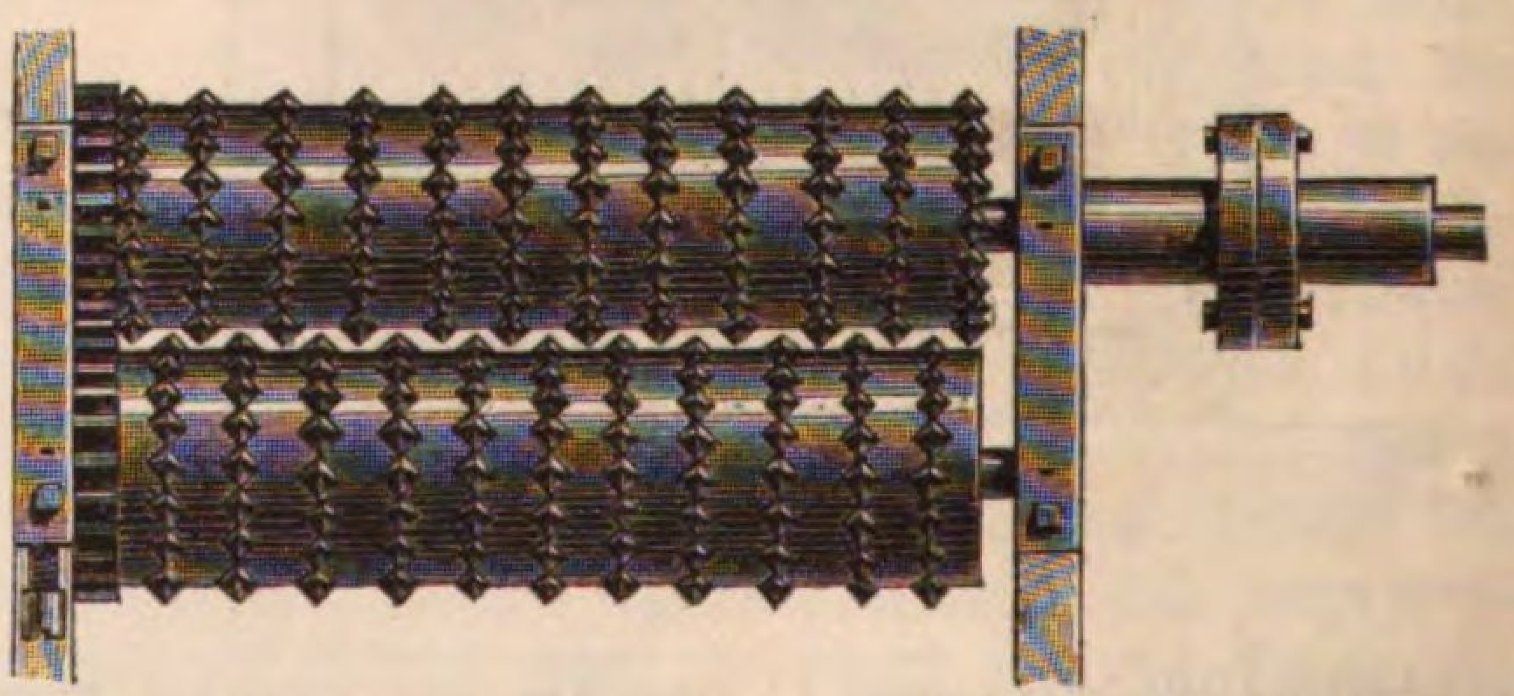
Kartoffeln von der Wäsche in die Höhe geschafft und in das Dämpffaß gebracht werden müssen. Es hängt wohl meistens von der Beschaffenheit der Localität ab, für welche Stellung man sich entscheidet, für den Betrieb bleibt es sich ziemlich gleich. Die Kartoffeln müssen unter allen Umständen einmal in die Höhe gehoben werden, sei es nun vor oder nach dem Waschen. Liegt die Wäsche so hoch, daß die Kartoffeln unmittelbar ins Dämpffaß gelangen, so muß man außer den Kartoffeln auch die nicht unbeträchtliche Menge von Wasser ebenso hoch heben, was immer einen größeren Kraftaufwand der Pumpen erfordert, als wenn die Wäsche zu ebener Erde liegt. Man kann das Heben der Kartoffeln durch eine mechanische Vorrichtung, einen Elevator oder Paternosterwerk bewerkstelligen. Der Vortheil eines solchen Apparats ist aber jedenfalls nur gering, wenn sonst die Localitäten zweckmäßig eingerichtet sind, indem man leicht die Einrichtung treffen kann, daß sie nur wenige Schritte zu tragen sind, welches sehr gut von den ohnehin erforderlichen Arbeitern verrichtet werden kann. Bei sehr großartigem Betriebe kann allerdings durch einen Elevator eine Ersparniß herbeigeführt werden. Ein vom Ingenieur Tittelbach construirter Elevator, der sich in der Praxis bewähren soll, ist von Schwarzwäller in seinen Neuesten Verbesserungen im Betriebe der Branntweinbrennereien S. 61 ff. beschrieben und abgebildet. Bei einer zweckmäßigen Anlage der Brennerei stehen die Dämpffässer stets so hoch, daß die Kartoffeln aus denselben unmittelbar auf die Quetschen fallen, und diese liegen wieder über dem Maischbottich. Ein einmaliges Heben ist daher für den ganzen Betrieb nur erforderlich.

Die Einrichtung des Dämpffasses bedarf kaum einer Beschreibung. Es ist ein aus starken Dauben gefertigtes hohes Faß, oben mit einer verschließbaren Oeffnung zum Einfüllen, unten an der Seite mit einer ähnlichen Oeffnung zum Entleeren versehen. Am Boden steht schräg gegen die Oeffnung geneigt ein Lattenrost, der das Herausfallen der Knollen befördert. Unter demselben, also an der der Oeffnung entgegengesetzten Seite des Fasses ist ein Rohr angebracht, durch welches das durch die kalten Kartoffeln aus dem Dampf condensirte Wasser abfließt. Dieses Rohr läßt man zweckmäßig einige Fuß tief in Wasser tauchen, es wird dadurch erreicht, daß die Dämpfe nicht ganz frei entweichen können, sondern unter schwachem Druck auf die Kartoffeln wirken, wodurch das Gaarkochen befördert wird. Die untere Oeffnung wird am besten durch eine kleine Thür, die obere durch einen Deckel verschlossen; beide werden durch Bügelschrauben festgehalten. Der Dampf tritt meistens durch ein in der Mitte des Fasses mündendes Rohr ein, steigt zwischen den Kartoffeln in die Höhe, wird aber, da er hier nicht entweichen kann, wieder herabgedrückt und findet endlich einen Ausweg durch das am Boden befindliche Abflußrohr des Wassers. Anfangs werden die Dämpfe vollständig verdichtet, und erst nachdem der ganze Inhalt des Fasses auf die Temperatur des Dampfes erhitzt ist, kann ein Theil entweichen. An dem entweichenden Dampfe erkennt man daher die Gaare der Kartoffeln. Um hierfür noch eine Controle zu haben, ist dicht über dem Boden ein kleines Spundloch angebracht, welches während des Dämpfens mit einem Zapfen verschlossen ist. Je nach dem Widerstande, welchen die Kartoffeln einem durch diese Oeffnung eingebrachten spitzen eisernen Stabe leisten, beurtheilt man das Gaarwerden. Die rohen Kartoffeln sind hart, die gekochten mehlig weich und lassen sich sehr leicht durchbohren. Bei dem Wege, welchen der Dampf nehmen muß, zuerst aufwärts steigend, dann abwärts zum Abzugsrohre, werden die Kartoffeln zuerst oben gaar; zeigen sich daher die unteren ganz weich, so ist man sicher, daß auch die oberen hinreichend erweicht sind.

Wir werden später die durch das Kochen herbeigeführten Veränderungen der Kartoffeln beschreiben. Es genügt hier zu sagen, daß durch das Aufquellen der Stärkemehlkörnchen bei guten Kartoffeln aller Zellsaft so weit aufgesogen wird, daß die gekochten Kartoffeln sich durch Zerdrücken in ein fast trocknes Pulver verwandeln und so in den höchsten Grad der Vertheilung bringen lassen. Dieses ist aber nur der Fall so lange die Kartoffeln noch heiß sind, sind sie erst kalt geworden, so werden sie hart und seifig. Es muß daher die Zerkleinerung unmittelbar nach dem Dämpfen vorgenommen werden. Um die im Fasse enthaltenen Kartoffeln während der Dauer desselben auf der erforderlichen Temperatur zu erhalten, läßt man etwas Dampf in das Faß nachströmen.

Zum Zerkleinern der Kartoffeln werden jetzt ganz allgemein glatte eiserne, hohlgegossene Walzen, Kartoffelquetschen angewandt, die in starken Lagern ruhen und entweder durch Zahnräder oder durch Triebriemen in Bewegung gesetzt werden. Dem letzteren Mechanismus gebührt unstreitig der Vorzug. Denn es ist selbst bei dem sorgfältigsten Waschen und bei Anwendung des Steinfängers nicht zu vermeiden, daß nicht einzelne Steinchen den Kartoffeln beigemischt bleiben. Kommt nun ein solcher Stein zwischen die Quetschen, so können zwei Eventualitäten eintreten. Bei der ersteren, günstigeren, wird der Stein nicht sehr hart sein und wird zwischen den Walzen mit einigem Kraftaufwand zu Pulver zerdrückt, worauf Alles seinen guten Gang geht. Bei der zweiten kann aber der Stein so hart sein, daß die Kraft der Maschine nicht ausreicht, ihn zu zertrümmern, der Widerstand, den er auf den ganzen Apparat ausübt, wird so groß, daß schließlich ein Zahn des Triebrades ausbricht und die Arbeit unterbrochen werden muß; hat man dann nicht ein Reserverad vorräthig,

Fig. 28.



so kann die Brennerei eines Steinchens wegen wochenlang zum Stillstand gezwungen werden. Man hat dieses in neuerer Zeit durch bewegliche Lager, welche durch be-

lastete Hebel gegen einander gedrückt werden, zu vermeiden gesucht. Bei dieser Einrichtung, die also ganz selbstregulirend ist, werden die Lager durch den Druck eines zwischen die Quetschen gekommenen Steins für einen Augenblick zur Seite geschoben, so daß der Stein zwischen den Walzen hindurchfallen kann. Sobald dieser Druck überwunden ist, werden die Lager durch die Hebel wieder einander genähert und in ihre richtige Stelle gebracht.

Alles dieses ist unnöthig, sobald man die Bewegung auf die Walzen durch Riemenscheiben überträgt. Kommt dabei ein Stein zwischen die Walzen, der zu hart ist, um zerdrückt zu werden, so steht die Quetsche so lange still, bis der Stein durch einen Arbeiter mittelst eines Hakens entfernt ist. Während der Zeit gleitet der Riemen auf der Scheibe, ohne diese zu bewegen. Der einzige Nachtheil, der dadurch entstehen kann, ist eine geringe Abnutzung des Riemens, die aber zu unbeträchtlich ist, um gegen die Vortheile berücksichtigt zu werden.

Gut gekochte und gesunde Kartoffeln lassen sich sehr leicht zwischen den glatten Walzen zerquetschen. Schwieriger ist es, faulige oder solche Kartoffeln zu verarbeiten, die durch Zufall oder Nachlässigkeit nicht genügend gedämpft sind. Diese sind zu glatt, um von den Walzen gleichmäßig ergriffen zu werden. Man ist dann genöthigt, sie durch Stampfen zwischen die Walzen zu bringen, eine mühsame Arbeit, die durch Anwendung von Vorbrechwalzen vermieden werden kann. Es sind dies zwei Stachelwalzen (Fig. 28), die unmittelbar über den eigentlichen Quetschwalzen liegen. Die eine Walze wird durch ein auf ihrer Achse befindliches Triebwerk in Umdrehung versetzt. Sie trägt auf dem anderen Ende ihrer Achse ein Zahnrad, welches in ein ähnliches Zahnrad der zweiten Walze eingreift und dieser so die entgegengesetzte Bewegung ertheilt. Die Kartoffeln fallen aus dem Dämpffaß zunächst zwischen diese Stachelwalzen, werden gröblich zerdrückt und gelangen dann zwischen die glatten Walzen.

Für kleinere Betriebe verwendet man Walzen, die aus scharfkantigen dicht neben einander liegenden Eisenstäben gebildet sind. Sie sind unter dem Namen Braunfelser Kartoffelmühlen bekannt. Sie können aber nie eine so feine Zertheilung der Kartoffeln herbeiführen, wie die dicht an einander liegenden glatten Walzen. Da eine möglichst feine Zertheilung der Kartoffeln aber wesentliches Bedingniß zur Erzielung einer guten Maische ist, so wird man immer den glatten Walzen den Vorzug geben. Wir werden Zeichnung und Beschreibung derselben unten mit denen des Maischbottichs gemeinschaftlich geben, da sie gewissermaßen einen Bestandtheil desselben ausmachen.

Eine andere von Siemens construirte und in der Brennerei von Hohenheim seit Jahren mit günstigem Erfolge angewandte Einrichtung zum Zerkleinern der Kartoffeln ist in Fig. 29 im Durchschnitt, in Fig. 30 in äußerer Ansicht dargestellt. *C* ist das Dämpffaß, *D* ein Rumpf, in welchem eine sechseckige Walze liegt, die durch die Kurbel *K* gedreht wird und so die Zuleitung der Kartoffeln in die Reibe *A* regulirt. Diese besteht aus einem conischen eisernen Behälter, der an dem weiten Ende unten durchlöchert ist. Durch die Mitte desselben geht eine Welle *oo*, die von außen durch eine Riemenscheibe in Drehung versetzt wird. An dieser Welle sind Arme mit Flügeln *ll*, welche dazu dienen,

Fig. 29.

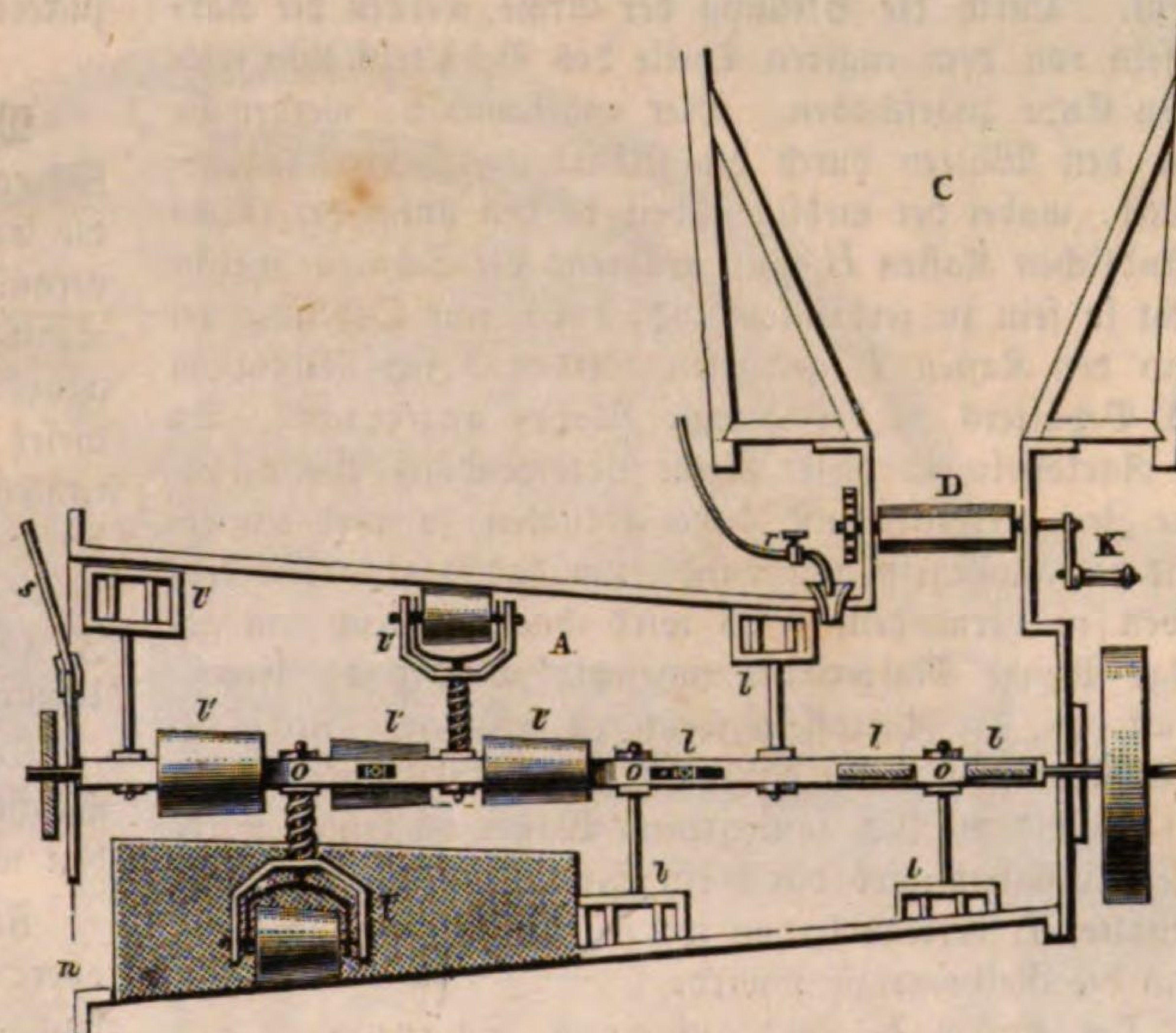
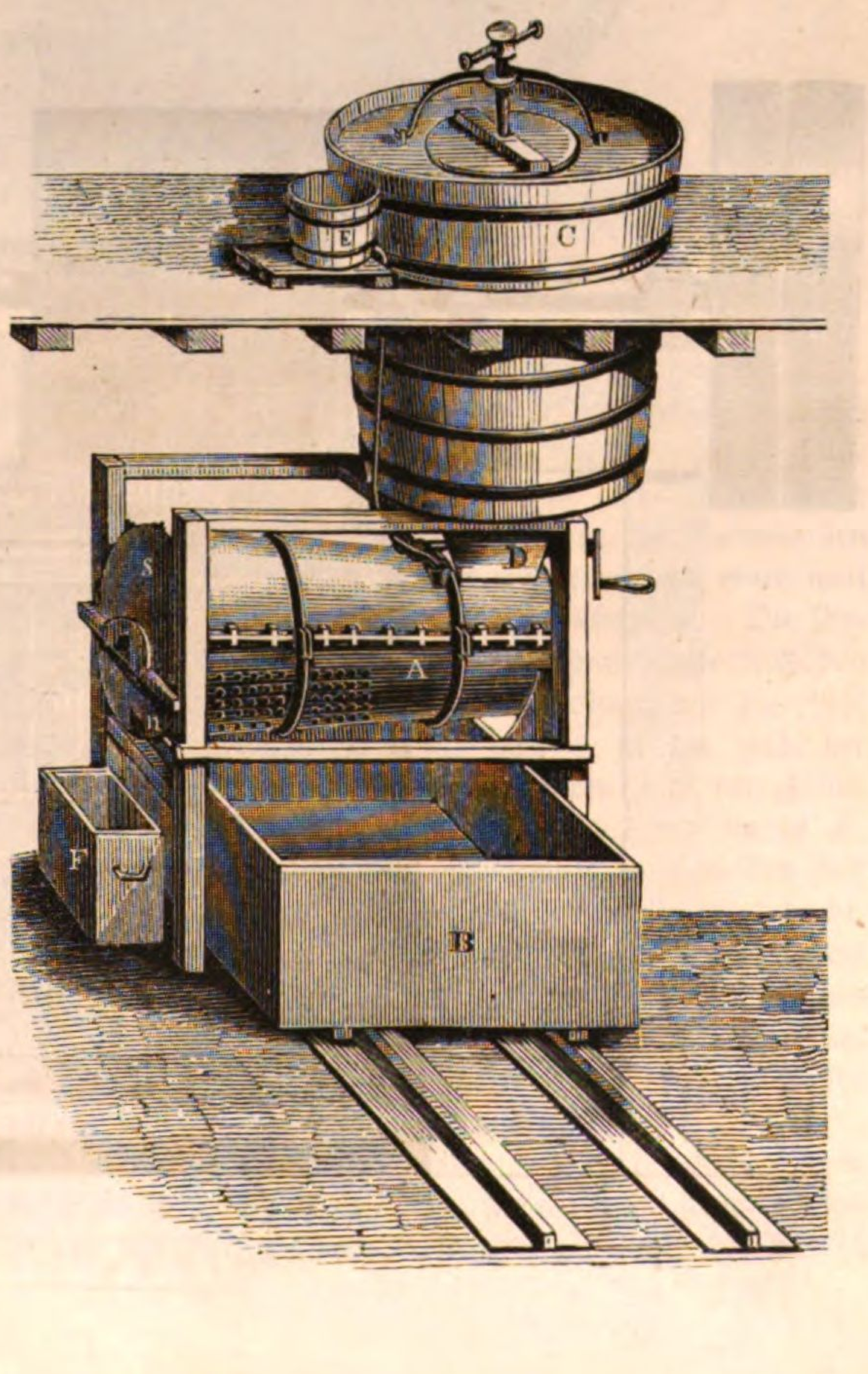


Fig. 30.



die Kartoffeln zu zerschlagen, und außerdem Arme mit conischen Walzen $l'l'$, welche reibend wirken, angebracht. Die Arme sind so lang, daß die Flügel und die conischen Walzen den Umfang des Behälters bestreichen. Die conischen Walzen werden durch Gabeln gehalten, in denen sie sich drehen, und diese werden durch Federn unter gelindem Druck gegen die innere Wand des Behälters gepreßt. Durch die Stellung der Arme werden die Kartoffeln von dem engeren Theile des Behälters dem weiteren Ende zugeschoben. Hier angekommen, werden sie von den Walzen durch die siebartigen Oeffnungen gedrückt, wobei der mehlige Theil in den unter der Reibe befindlichen Kasten B fällt, während die Schalen, welche nicht so fein zu zerdrücken sind, durch eine Oeffnung bei n in den Kasten F geworfen werden. Zur Reinigung des Behälters ist bei S eine Klappe angebracht. Da die Kartoffeln in dieser Reibe nothwendiger Weise längere Zeit verweilen und dabei abkühlen, so wird ein besonderer Kunstgriff angewandt, um das Hartwerden derselben zu vermeiden. Es wird ihnen nämlich eine geringe Menge Malzextract zugesetzt, welches die Eigenschaft hat, die Kartoffeln weich zu erhalten. Auf 100 Pfd. Kartoffeln reicht dabei $\frac{1}{2}$ Pfd. Malz hin, welches mit 16 bis 20 Pfd. lauwarmem Wasser angerührt wird. Die Flüssigkeit wird durch ein Sieb gegossen und in dem Behälter E verwahrt, von wo sie durch das Hahnenrohr r in die Reibe gelassen wird.

Der Kasten B steht auf einem Schienengleise und kann leicht nach dem Maischbottich transportirt werden.

Die Trennung des Quetschwerks vom Maischbottich ist im Allgemeinen nicht zweckmäßig, da die Kartoffeln nothwendigerweise während ihrer Ansammlung im Kasten bedeutend abkühlen und der Transport Arbeit verursacht. Eine bessere Maische erhält man jedenfalls, wenn die Kartoffeln, unmittelbar sowie sie die Walzen verlassen, in kleinen Portionen in den Maischbottich fallen und dort durch das schon darin befindliche Malz verzuckert werden.

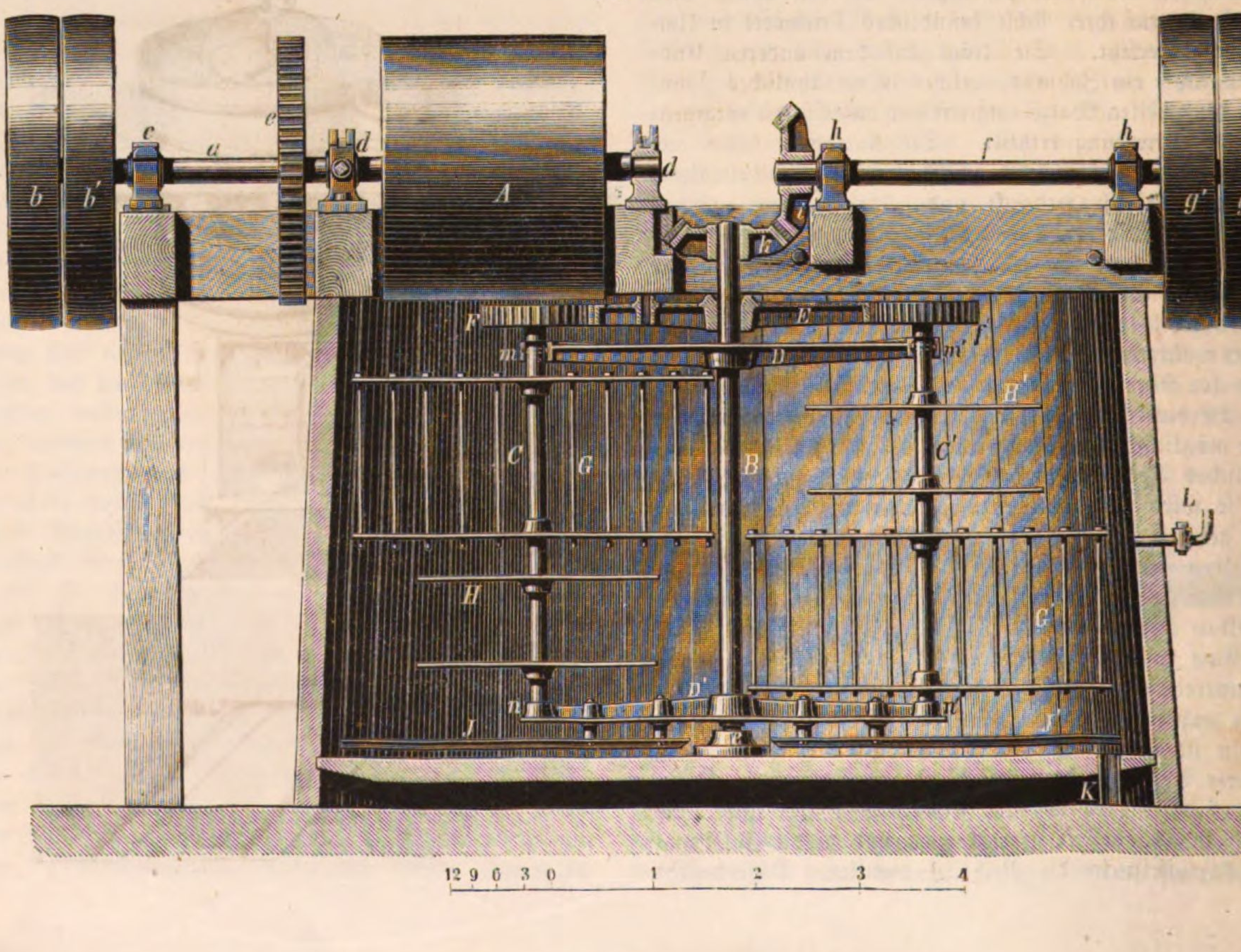
Maischapparate. Eine der wesentlichsten Verbesserungen im Brennereibetriebe wurde unstreitig durch die Einführung der Maschinen zur Bereitung der Maische veranlaßt. Die Zuckerbildung kann nur dann erfolgen, wenn die Materialien auf das Genaueste gemischt und ganz gleichmäßig mit Wasser durchdrungen sind. Ist dieses nun anerkanntermaßen schon bei kleinen Quantitäten schwer mit der Hand zu erreichen, so wurde es bei dem sich immer mehr fabrikmäßig entwickelnden Betriebe und namentlich da die Besteuerungsart fast einen Zwang auf die Erzielung sehr dicker Maischen legte, zur Unmöglichkeit.

Es sind viele verschiedene Constructionen der Maischmaschine angeführt, von denen wir die besseren beschreiben wollen.

Fig. 31 giebt einen Durchschnitt und Fig. 32 eine obere Ansicht einer Maischmaschine mit Kartoffelquetsche, nach Zeichnungen der erwähnten Fabrikanten W. Bartels und Comp. in Halberstadt.

Die Kartoffelquetsche liegt auf einem starken Balken-

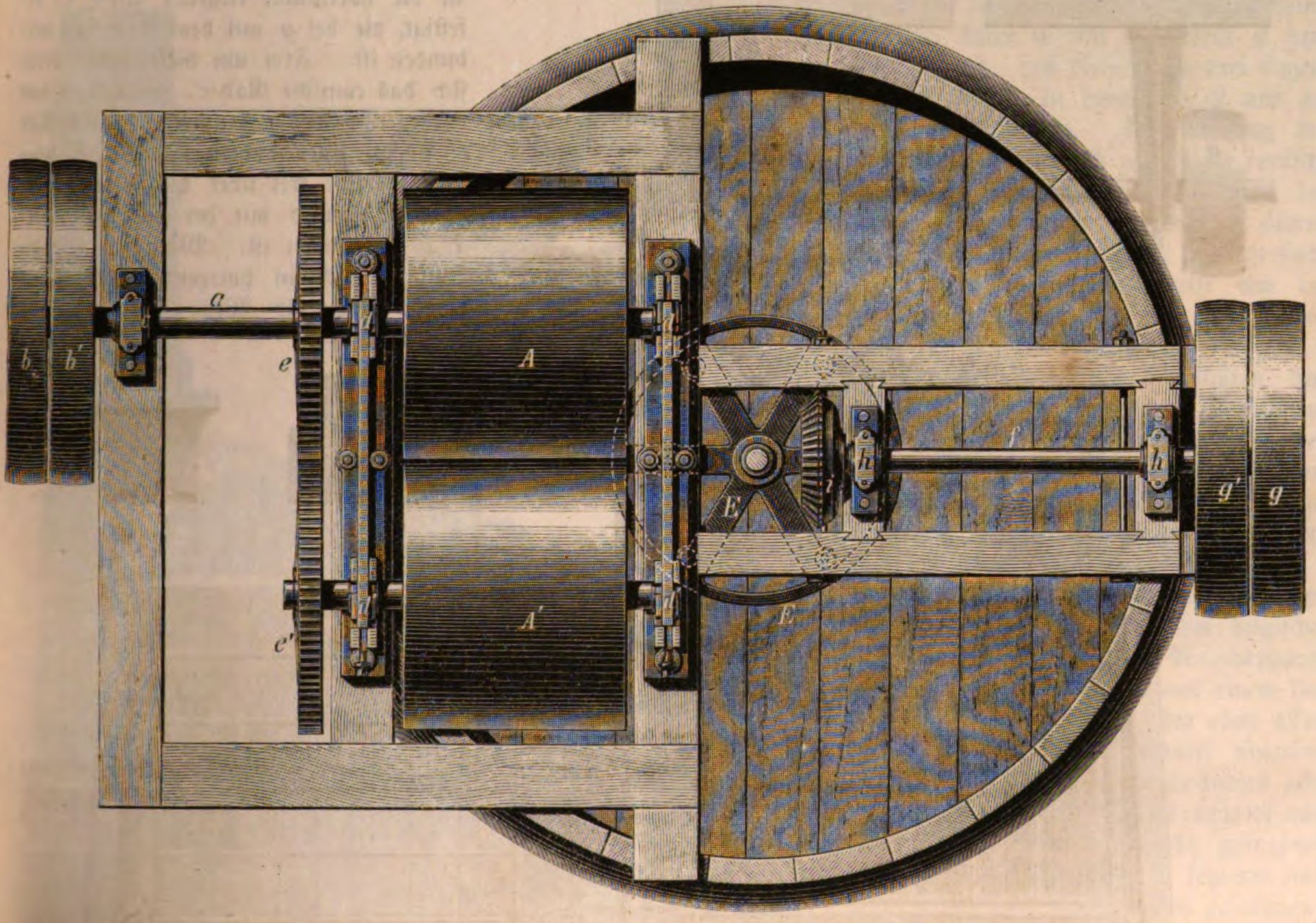
Fig. 31.



gerüst oberhalb des Maischbottichs und ist unabhängig von dem Bewegungsmechanismus des letzteren.

Die eisernen, hohl gegossenen, auf ihrer Oberfläche glatt abgedrehten Quetschwalzen sind mit AA' bezeichnet. Sie erhalten ihre Bewegung durch einen Laufriemen und die Triebscheibe b; die Leerscheibe b', welche sich frei um die Achse der Walze dreht, nimmt den Riemen beim Stillstande des Apparates auf. Die Achse a der Walze A ruht in den drei Lagern cdd, die Achse der Walze A' in den verschiebbaren Lagern $d'd'$, durch deren Stellung die beiden Walzen einander mehr oder weniger genähert werden können. Auf den Achsen der beiden

Fig. 32.



Walzen sind die Zahnräder ee' aufgezogen, welche die von der Riemenscheibe der Walze A ertheilte Drehung in entgegengesetzter Richtung auf die Walze A' übertragen.

Der Maischbottich ist ein runder hölzerner, aus starken Bohlen gefertigter Behälter, in dessen Boden das Rohr K, welches außerhalb durch ein Ventil verschließbar ist, zum Ablassen der Maische, und durch dessen Seite ein Dampfrohr L und ein ähnliches zum Zulassen von Wasser geht. Die Hauptwelle B wird durch die Triebscheibe g in Umdrehung versetzt, indem die Bewegung von g, deren Leerscheibe g' ist, durch die in den Lagern hh ruhende Welle f auf das conische Rad i und von diesem auf das Rad k, welches auf der Welle B befestigt ist, übertragen wird. Die Hauptwelle B geht durch den Mittelpunkt des durch Verschraubungen an dem Gebälk befestigten und also feststehenden Rades E und dreht sich in der Lagerbüchse e.

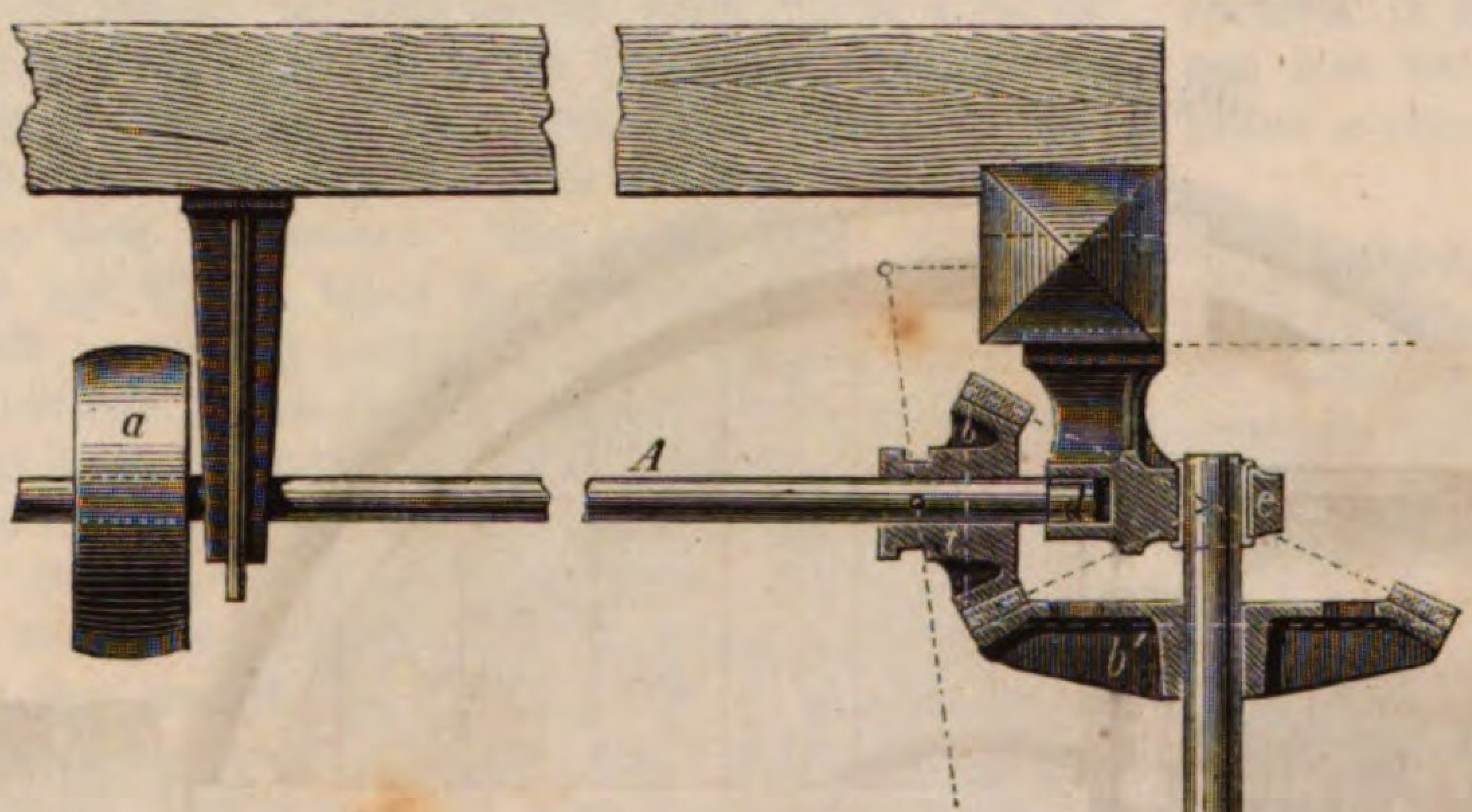
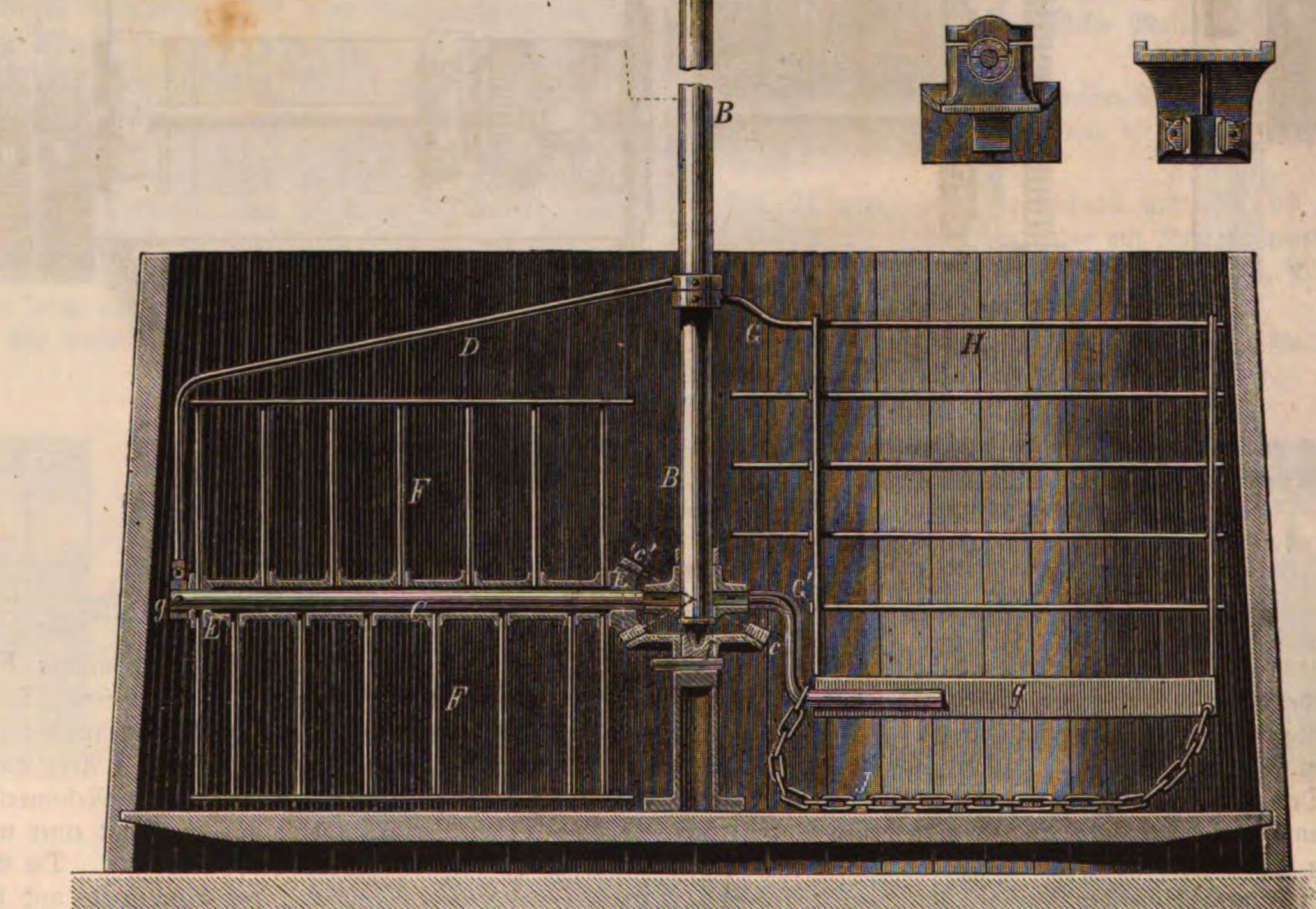
Auf der Welle B sind zwei Arme DD' befestigt, von denen D an seinen beiden Enden die Büchsen m und m' und D' die beiden Lagerbüchsen nn' trägt, in denen sich die Nebenwellen CC' drehen. Diese Nebenwellen tragen an ihrem oberen Ende Zahnräder Ff', die in das feststehende Zahnrad E eingreifen. Durch die Arme DD' erhalten demnach die Nebenwellen dieselbe Bewegung wie die Hauptwelle B. Aber durch den Eingriff der Räder FEf' werden die Nebenwellen um ihre eigene Achse gedreht und zwar mit einer weit größeren Geschwindigkeit wie die Hauptwelle. Die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen der Hauptwelle und den Nebenwellen steht in demselben Verhältniß wie die Zahl der Zähne an den Rädern F und f' zu der Zahl der Zähne des Rades E. Ist z. B. die Zahl der Zähne des Rades E vier Mal so groß wie die des Rades F, so wird die Welle C vier Umdrehungen in derselben Zeit machen, in welcher die Welle B sich nur ein Mal dreht.

Die Wellen CC' tragen den eigentlichen Rührapparat und dieser besteht aus zwei verticalen aus eisernen Stäben gebildeten Gittern GG' und zwei Paar horizontal liegenden Stäben HH'. Die Gitter sowohl wie die Stäbe drehen sich mit derselben Geschwindigkeit wie die Nebenwellen, da sie auf diesen befestigt sind, und durchpeitschen daher die Maische in allen Richtungen. Dicht über dem Boden des Bottichs bewegen sich die unterhalb des Armes

D' befestigten eisernen Klingen JJ', welche auch dort die Ablagerung fester Substanzen verhindern.

Ein anderer Maischapparat, der eine so starke Bewegung wie der vorige nicht gestattet, ist in Fig. 33 gezeichnet. Die Riemenscheibe a überträgt die Bewegung auf die Transmissionswelle A, welche sich in dem Lager d dreht und ein conisches Rad b trägt, dessen Zähne in das conische Rad b', welches auf der Hauptwelle B befestigt ist, eingreifen. Die Welle B dreht sich oben in dem Lager e und ruht unten in der Lagerbüchse f, die im Centrum eines feststehenden conischen Rades c befestigt ist. An der Welle B ist die horizontal liegende Achse C befestigt, die bei g mit dem Arme D verbunden ist. Frei um diese Achse dreht sich das conische Rad c', welches in das festliegende Rad c eingreift. Das Rad c' ist an einer hohlen Welle EE befestigt, welche frei über die Achse C geschoben ist und mit der das Rührwerk FF verbunden ist. Während also die Achse C sich in horizontaler Richtung dreht, wird die Welle E und das Rührwerk F sich um dieselbe bewegen und die Maische in verticaler Richtung bearbeiten. Außerdem sind an der Hauptwelle zwei Arme GG', welche durch eiserne Stäbe H zu einem gitterförmigen Rührwerk verbunden sind. Dieses dreht sich nun mit der Hauptwelle. Endlich schleppt der Arm g noch eine schwere eiserne Kette J über den Boden des Bottichs und verhindert dadurch ein Ansammeln der Treber.

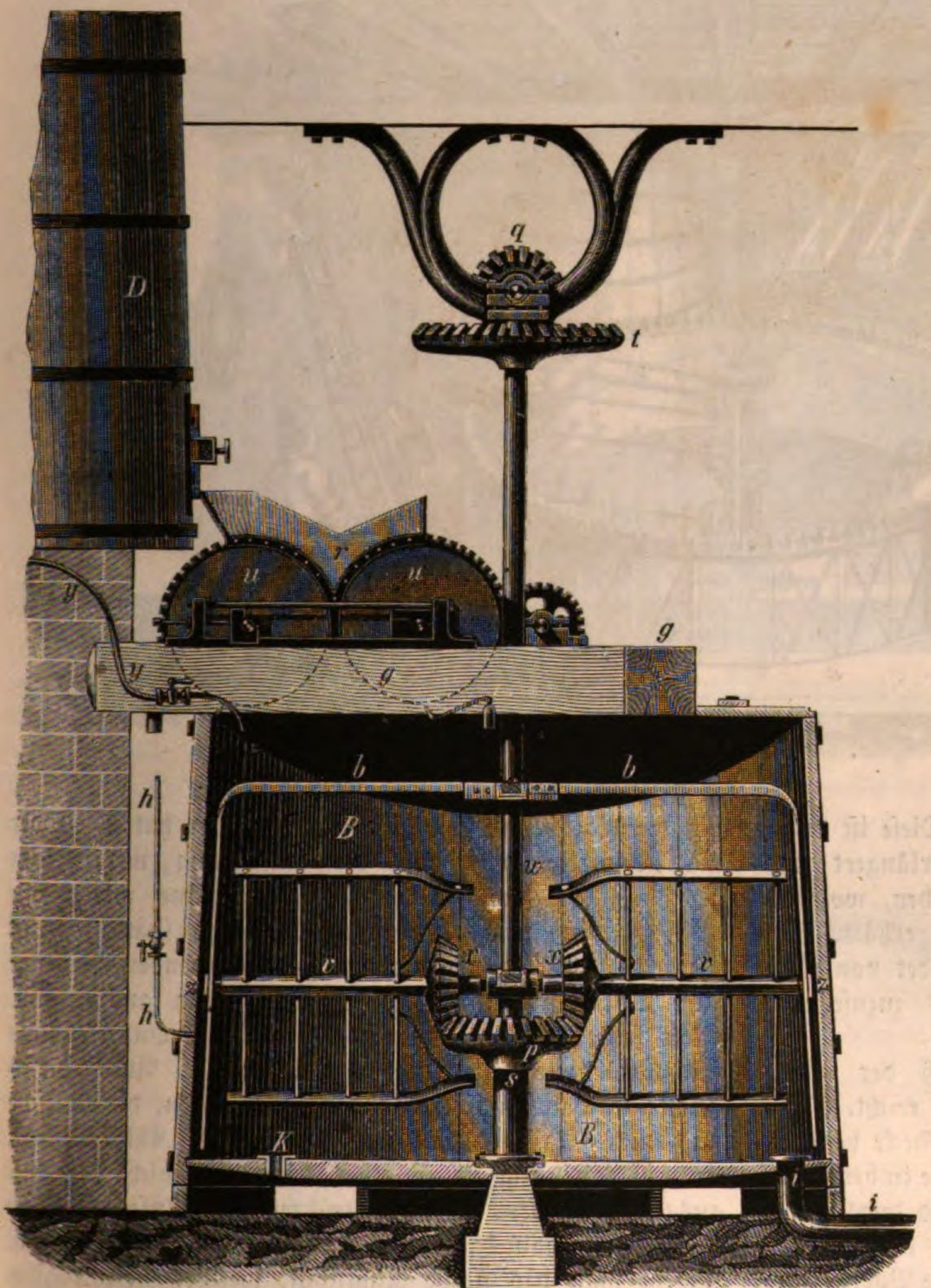
Fig. 33.

Der Maischapparat in Fig. 34 zeigt zugleich die Anordnung des Dämpffasses D und der Kartoffelquetschen, von denen die letzteren auf dem Rahmengerüst gg über dem Maischbottich B ruhen. Die Bewegung der beiden eisernen Walzen uu wird durch Zahnräder, die auf den Achsen derselben aufgezogen sind, und ein Vorgelege bewirkt. Es ist hier also der oben angedeutete Nachtheil des ganz aus Eisen bestehenden Triebes, der den Druck der Steine entweder überwinden oder brechen muß. Auf dem Boden des Bottichs befindet sich die Säule s, die das Zapfenlager, in dem sich die Hauptwelle w dreht, und außerdem das feststehende conische Rad p trägt. Am oberen Ende der Welle w befindet sich das conische Rad t, welches durch ein anderes in dasselbe eingreifendes Rad q, das mit der Transmission in Verbindung steht, in Umdrehung versetzt wird und so die Welle w dreht. An derselben sind zwei Arme bb und zz be-

festigt. Um die letzteren drehen sich wie bei dem vorigen Apparat die Gitter vv, welche durch die in das Rad p eingreifenden conischen Räder xx gedreht werden. Außerdem sind noch zwischen den beiden Gittern zwei Rechen angebracht, welche in der Zeichnung nicht sichtbar sind.

Fig. 34.



Das Rohr y dient zum Zuleiten von Wasser; h ist ein Dampfrohr; i ein durch ein Ventil verschlossenes Rohr, durch welches die Maische mittelst einer Pumpe aus dem Bottich gezogen wird; K dient zum Ablassen des Wassers beim Reinigen.

Endlich mag noch der in englischen Brennereien übliche Maischapparat in Fig. 35 folgen. Derselbe zeichnet sich vor unseren deutschen Apparaten weniger durch eine zweckmäßige Construction, als durch enorme Dimensionen aus, indem er bei 8 Fuß Tiefe einen Durchmesser von 28 Fuß hat.

Die Hauptwelle, die sich in einem Zapfenlager am Boden des Bottichs dreht, wird durch ein conisches Räderpaar in Bewegung gesetzt. In der Höhe des Bottichrandes ist in horizontaler Richtung auf dieser Welle ein conisches Rad n aufgezogen, welches in ein vertical stehendes eben solches Rad eingreift. Das letztere ist an der horizontalen Welle d befestigt, die an ihrem Ende ein Zahnrad trägt, welches in das große auf dem Rande des Bottichs liegende Zahnrad faßt, wodurch die Welle d in horizontaler Richtung um die Hauptwelle gedreht wird. Die Welle d dient im Wesentlichen nur als Träger für zwei andere Wellen c, die durch (in der Zeichnung nicht angegebene) verticale Arme so mit der Welle d verbunden sind, daß diese Arme drei Lagerbüchsen haben, in denen sich d und cc frei drehen können. Die Drehung der Wellen cc wird durch zwei Paar conische Räder m von der Hauptwelle aus bewirkt. Die Wellen cc tragen eiserne Arme, an denen Schaufeln befestigt sind, die also sich in einem Kreise um die Wellen cc drehen und so eine Bewegung der Maische verursachen.

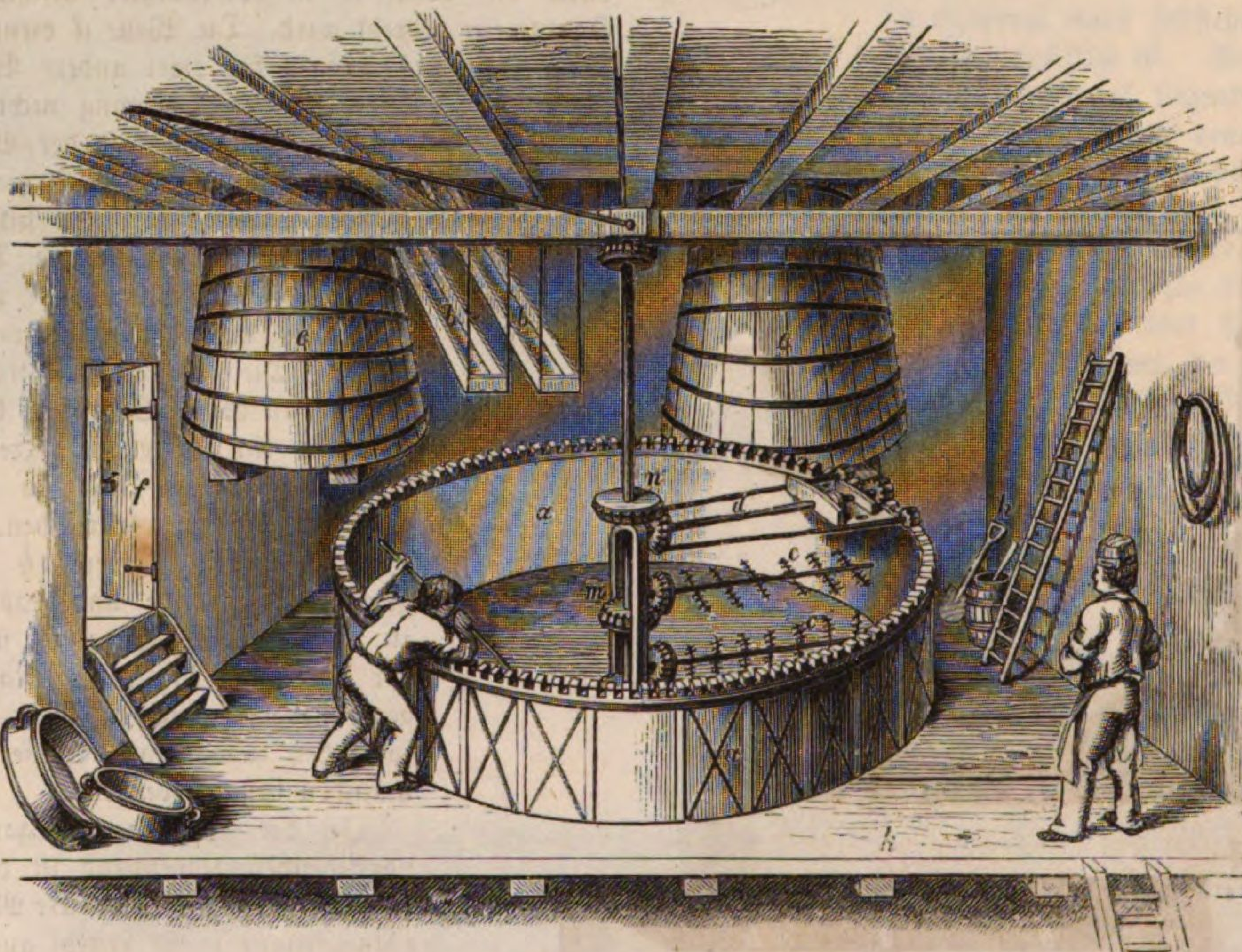
Die beiden Rinnen bb führen das gemahlene Getreide und das Malzschrot zu. Die großen Kübel ee sind Behälter für die beim englischen Maischverfahren gewonnenen schwachen Würzen, die am folgenden Tage statt Wasser beim Einmaischen benutzt werden.

In der Construction ganz von den vorstehenden abweichend ist der belgische, von Lacambre construirte Maischapparat (Macérateur.) Er besteht aus einem liegenden eisernen Cylinder, der oben offen und unten mit einem Mantel umgeben ist. Durch die Achse des Cylinders geht eine Welle, die durch ein Triebwerk von außen drehbar und mit acht gebogenen Armen besetzt ist. Durch die letzteren sind eine Menge von Eisenstäbchen geschlagen; jeder Arm bildet daher einen Rechen, der die Bestandtheile der Maische aufrührt. Dieser Rührapparat wirkt jedenfalls weniger kräftig wie andere, der Hauptvortheil des Apparats besteht aber in dem eisernen Mantel, welcher ihn umgiebt. In diesen werden Wasserdämpfe geleitet, so daß die Erwärmung der Maische nicht durch einströmenden Dampf oder durch Zusatz von kochendem Wasser, sondern nur durch Abgabe der Wärme des Dampfes geschieht. Die Maische kann daher weit concentrirter wie mit anderen Vorrichtungen dargestellt werden. Zugleich wird aber auch der Mantel zum Abkühlen der heißen Maische benutzt, indem man nach dem Ausblasen des Dampfes kaltes Wasser durch denselben fließen läßt. Man bringt daher mit diesem Macerateur die Maische vom Eintragen des Schrotes bis zum Anstellen fertig, wozu sonst immer noch ein besonderer Kühlapparat erforderlich ist.

Statt der bisherigen sehr complicirten und viel Kraft in Anspruch nehmenden Maischmaschinen verwendet man gegenwärtig in England mit gleich gutem Erfolge sehr einfache Vorrichtungen, die nur eine geringe Betriebs-

kraft erfordern, indem sie die Mischung des Schrots mit dem Wasser nach und nach bewirken. Sie bestehen aus einem horizontal festliegenden 10 bis 12 Fuß langen und nur 15 bis 16 Zoll weiten Cylinder von Kupfer- oder Eisenblech, durch dessen Mitte eine drehbare Achse läuft, die mit einfachen runden Zapfen oder Armen in schraubenförmiger Richtung besetzt ist. Der Cylinder ist an einem Ende geschlossen, am anderen nur mit einem

Fig. 35.



Steg für das Lager der Achse versehen. Diese ist durch den geschlossenen Theil des Cylinders verlängert und hier mit den nöthigen Riemenscheiben versehen, wodurch sie 200 bis 300 Umdrehungen per Minute erhält. In den geschlossenen Theil des Cylinders mündet von oben die Zuleitung des Schrots, während das zuzusetzende Wasser hier seitwärts zuzuleiten ist.

Der Cylinder wird so aufgestellt, daß der offene Theil über den Rand des Maischgefäßes reicht. Die Zuleitung des Schrots wird durch eine Schnecke bewirkt, die dasselbe meist direct von der Schrotmühle in beliebiger Quantität fortführt; die des Wassers wird durch einen Hahn regulirt. Die Vermischung ist hier eine so vollständige, wie sie nicht leicht durch eine andere Vorrichtung mit weniger Kraft zu erreichen steht. Die rasche Steigerung der Temperatur scheint der Zuckerbildung nicht nachtheilig zu sein. Dieser Apparat, welcher auch in der Bierbrauerei Eingang gefunden, wird im Art. **Bier** durch eine Zeichnung dargestellt und näher beschrieben werden.

Kühlapparate. Die Maische hat nach beendigter Verzuckerung der Stärke eine durchschnittliche Temperatur von 60 bis 65° C. (48 bis 52° R.) und muß, ehe sie zur Gährung gebracht wird, auf circa 20° C. (16° R.) abgekühlt werden. Früher erreichte man dieses dadurch, daß man sie im Maischbottich, der zugleich Gährbottich war, eine Zeit lang umrührte, um durch Berührung mit der Luft einen Theil ihrer Wärme ausstrahlen zu lassen und durch Bildung von Wasserdampf abzuleiten, und dann so viel kaltes Wasser zusetzte, bis die Maische die gewünschte Temperatur hatte. Oder man bewirkte auch wohl die Abkühlung, unmittelbar durch Zusatz von kaltem Wasser. Eine wie große Wassermenge dazu erforderlich ist, wird später gezeigt werden. Mit dem immer größer werdenden Zwange zum Dickmaischen war dieses nicht mehr ausreichend. Man setzte vor den Maischbottich ein Trommelgebläse und beförderte dadurch den Luftstrom. Auch dieses reichte nicht aus und man sah sich gezwungen, die Maische aus dem Maischbottich auf ein flaches Kühlschiff zu bringen, auf dem sie in einer dünnen Schicht der Luft ausgesetzt wurde. Durch Umrühren und Aufblasen von Luft suchte man dabei die Abkühlung zu beschleunigen. Indem man das flache Kühlschiff, welches ursprünglich ein längliches Viereck bildete, beibehalten, ihm aber eine runde Form gegeben und die Bewegung der Maische sowohl wie die Zuführung der Luft durch Maschinenkraft bewirkt hat, ist das Kühlschiff der neueren Construction entstanden, welches jedoch auf die mannigfaltigste Weise verschieden ausgeführt wird. In manchen Brennereien begnügt man sich nicht mehr damit, die Maische durch beständige Erneuerung ihrer Oberfläche und durch einen starken, gleichmäßig über der ganzen Oberfläche hervorgebrachten Luftstrom abzukühlen, sondern legt sogar noch Röhrenleitungen, in denen kaltes Wasser circulirt, in die Maische und läßt unter den Boden und um die Wände des eisernen Kühlschiffes kaltes Wasser fließen. Dadurch erreicht man wohl allerdings eine etwas raschere Abkühlung der Maische, diese wird aber nur durch einen weit complicirteren und dadurch kost-

spieligeren Apparat erreicht, dessen Mehrkosten in der Anschaffung, im Betriebe und in der Unterhaltung in keinem richtigen Verhältniß zu seiner Leistungsfähigkeit stehen.

Ein äußerst zweckmäßiger Kühlapparat — ebenfalls nach Zeichnungen der Herren **Bartels und Comp.** in Halberstadt —, der seinen Zweck mit Aufwendung der geringsten Mittel erfüllt, ist in Fig. 36 im Durchschnitt und in Fig. 37 in oberer Ansicht dargestellt.

Das eiserne Kühlschiff *A* liegt auf einem Balkenrost *B*, am besten im Freien, den herrschenden Winden möglichst ausgesetzt und jedenfalls so weit vom Erdboden entfernt, daß sich keine ruhende Luftschicht darunter bilden kann. Man stellt es so hoch, daß die Maische von dort

Fig. 36.

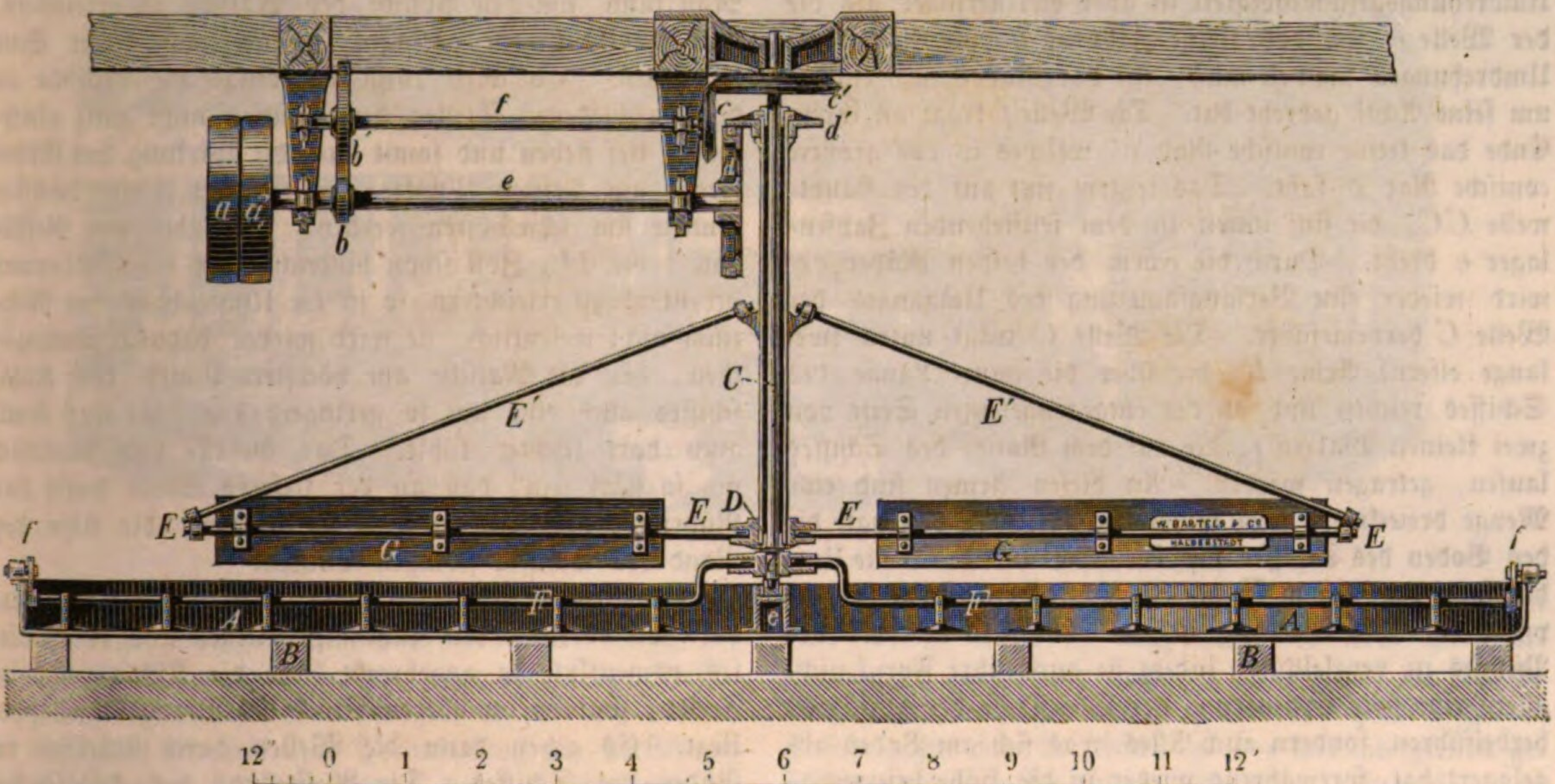
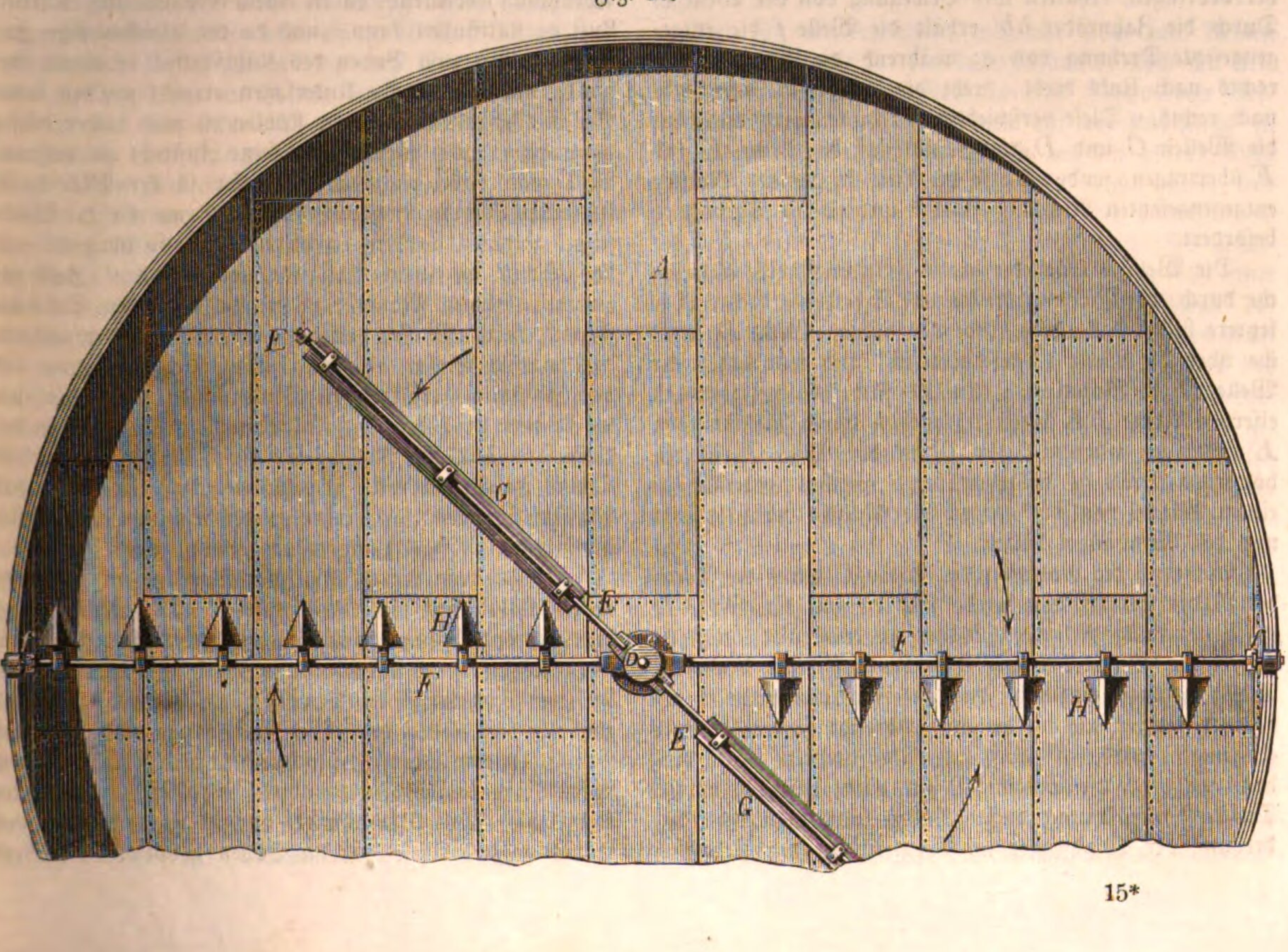


Fig. 37.



unmittelbar in die Gährbottiche fließen kann. Es ist von einem leichten Dache, um Regen abzuhalten, bedeckt. Die Welle C treibt das Rührwerk, die über diese geschobene hohle Welle D die Windflügel. aa' sind Riemenscheiben, von denen die erste lose, die andere fest ist. Die letztere setzt die horizontale Welle e in Bewegung. Die Welle e trägt das kleine Zahnrad b, welches in das größere, auf der Welle f befestigte Zahnrad b' eingreift. Durch diese Uebersetzung wird die Welle f bewegt, ihre Umdrehungsgeschwindigkeit ist aber viel geringer als die der Welle e, da das kleine Zahnrad b eine Reihe von Umdrehungen machen muß, ehe das Rad b' sich einmal um seine Achse gedreht hat. Die Welle f trägt an ihrem Ende das kleine conische Rad c, welches in das größere conische Rad c' faßt. Das letztere sitzt auf der Hauptwelle CC, die sich unten in dem feststehenden Zapfenlager e dreht. Durch die Form der beiden Räder cc' wird wieder eine Verlangsamerung des Umganges der Welle C herbeigeführt. Die Welle C trägt unten zwei lange eiserne Arme F, die über die ganze Länge des Schiffes reichen und an der entgegengesetzten Seite von zwei kleinen Walzen f, die auf dem Rande des Schiffes laufen, getragen werden. An diesen Armen sind eine Menge dreieckiger, vorn spitzer Schaufeln H befestigt, die den Boden des Schiffes fast berühren und durch die Umdrehung der Arme F die Maische fortwährend durchpflügen. Ihre Wirkung ist am richtigsten mit der des Pfluges zu vergleichen, indem sie durch ihre Form nicht allein eine stete Erneuerung der Oberfläche der Flüssigkeit herbeiführen, sondern auch Alles, was sich am Boden abgelagert hat, fortwährend wieder in die Höhe bringen.

Die Windflügel, welche den Luftzug über der Maische hervorbringen, erhalten ihre Bewegung von der Welle e. Durch die Zahnräder bb' erhält die Welle f die entgegengesetzte Drehung von e; während die eine sich von rechts nach links dreht, dreht die andere sich von links nach rechts. Diese verschiedene Drehung wird auch auf die Wellen C und D und somit auf die Arme E und F übertragen, wodurch also die Luft in der der Maische entgegengesetzten Richtung strömt und so die Abkühlung befördert.

Die Welle e trägt die große Frictionsscheibe d, welche durch ihre Reibung die kleinere Scheibe d' dreht. Die letztere bildet das obere Ende der hohlen Welle D, welche über die Welle C geschoben ist, und setzt daher die Welle D in Rotation. An D sind die horizontalen eisernen Arme EE befestigt, welche durch die Stangen E' getragen werden. An jedem der Arme E ist ein hölzernes Brett G festgeschroben, welches ungefähr in einem Winkel von 45° gegen die Maische gerichtet steht und den Windflügel bildet.

Während die Rotation der Welle C durch die Form der Räder verlangsamt wird, sind die mit der Welle D in Verbindung stehenden Räder so construirt, daß sie eine große Beschleunigung der Umdrehungen bewirken. Dieses geschieht dadurch, daß die Frictionsscheibe d bedeutend größer als die zu ihr gehörende Frictionsscheibe d' gemacht wird. d' wird sich daher mehrere Male drehen, während die Scheibe d nur einen Umgang macht. Durch Vergrößerung dieser Räder kann man die Umdrehung der Windflügel im Vergleich zu den Schaufelstangen beliebig vermehren. Am zweckmäßigsten giebt man diesen eine Umdrehung, während jene acht bis zehn machen.

Die Windflügel stehen so tief, daß die Schaufelstangen gerade, ohne sie zu berühren, unter ihnen hindurchpassiren können.

An der einen Seite des Schiffes ist eine durch ein Ventil zu verschließende Oeffnung, durch die die Maische durch ein Rohr unmittelbar in die Gährbottiche fließt. Man kann, um den Abfluß der Maische zu erleichtern, dem Kühlschiff ein geringes Gefälle nach dieser Seite hin geben. Es wird dann allerdings die Maische an den verschiedenen Stellen des Schiffes nicht ganz gleichmäßig tief stehen und somit auch die Wirkung des Rührwerks am tiefsten Punkte am stärksten, am höchsten Punkte am schwächsten werden. Da aber ein Gefälle von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll schon hinreicht, um die Entleerung bedeutend zu erleichtern, so ist die Ungleichheit der Richtung nicht wesentlich, sie wird wieder dadurch ausgeglichen, daß die Maische am höchsten Punkte des Kühlschiffes auch eine um so geringere Tiefe hat und somit auch dort leichter kühlt. Das Gefälle darf natürlich nie so stark sein, daß an der tieferen Stelle durch das Rührwerk hohe Wellen gebildet werden, die über den Rand des Schiffes schlagen könnten.

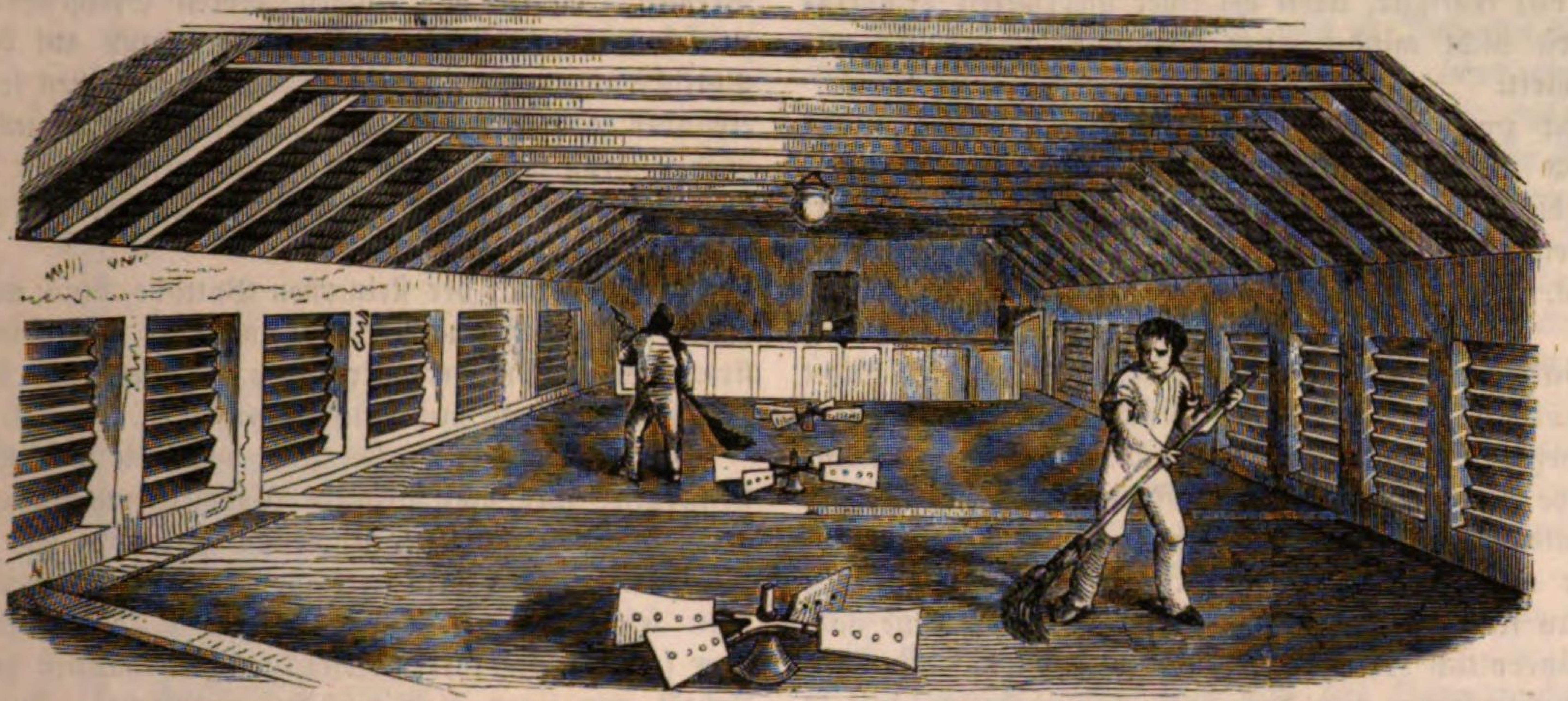
Der Bewegungsmechanismus kann eben so gut unterhalb wie oberhalb des Kühlschiffes liegen und es ist dieses namentlich da angebracht, wo die Kühle nicht im Freien, sondern im oberen Stock des Brennereigebäudes liegt. Es gehen dann die Wellen durch Büchsen im Boden des Schiffes. Die Aufstellung des Kühlschiffes im Freien unter einem leichten Dach begünstigt aber die Abkühlung bedeutend, da in einem Gebäude nie so freier Luftzug stattfinden kann, und da der gleichmäßige Zutritt der Luft zum Boden des Kühlschiffes in einem Gebäude nur durch hohe Unterlagen erreicht werden kann. Bei in Gebäuden liegenden Kühlen ist man daher häufig gezwungen, noch zum Wasser seine Zuflucht zu nehmen. Will man dabei nicht noch Wasser in der Maische in kupfernen Röhren, die durch ähnliche Arme wie die Windflügel getragen werden, circuliren lassen, so umgiebt man das Schiff in einem Abstande von 4 bis 6 Zoll mit einem hölzernen Mantel, in den an der einen Seite beständig kaltes Wasser zufließt, während an der anderen das warme wieder abläuft. Das Kühlschiff von aus der Zeichnung ersichtlichen Dimensionen reicht hin, um im Winter in 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden, im Sommer in der doppelten Zeit, die Maische für einen Bottich von 2500 Quart Inhalt so weit abzukühlen, daß sie durch das Wasser, welches zum Reinigen des Schiffes erforderlich ist, auf die richtige Temperatur gebracht wird.

Fig. 38 zeigt die in englischen Brennereien gebräuchlichen Kühlböden für Maischwürze. Die Maischwürze ist bedeutend leichter zu kühlen als die dickflüssige Maische, sie erfordert daher nur weit einfachere Apparate. In der Brennerei von Macfarlan zu Glasgow sind zwei Böden, jeder von 124 Fuß Länge und 32 Fuß Breite, in den oberen Stockwerken des Gebäudes und überall frei dem Luftzutritt durch ventilirende Jalousien ausgesetzt. Die Würze wird nur in einer Schicht von 2 bis 4 Zoll Tiefe auf die Böden gebracht. Es faßt

demnach jeder derselben bei 2 Zoll Füllung 661 Cubikfuß, bei 4 Zoll Füllung 1322 Cubikfuß. Unmittelbar über der Maische sind auf jedem Boden drei doppelarmige Windflügel angebracht, die von unten in so starke Umdrehung versetzt werden, daß der entstehende Luftzug hinreicht, um auch die Flüssigkeit in Bewegung zu erhalten.

Bei einem anderen System der Kühlung läßt man die Würze durch ein langes System von Röhren fließen,

Fig. 38.



während in der der Würze entgegengesetzten Richtung kaltes Wasser entgegenströmt und die Röhren umgiebt.

Die Beobachtung, daß eine innige aber kurze Berührung der Maische mit der Luft günstig auf den Verlauf der Gährung einwirke, gab Veranlassung zur Herstellung der Hohenheimer Kühlvorrichtung, deren Beschreibung ich der Gefälligkeit des Herrn Prof. Siemens verdanke.

Die Hohenheimer Kühlvorrichtung besteht aus einer nur etwa 4 Fuß breiten aber einige 30 Fuß langen und etwa 1 Fuß tiefen geneigt liegenden Rinne von Holz; als Unterlage dient ein Gestell, durch welches der Rinne je nach der Concentration der abzukühlenden Maische eine flachere oder geneigtere Lage zu geben ist. In dieser Rinne liegen zwei Kühlflächen über einander, die untere 3 bis 4 Zoll vom Boden, und eben so hoch darüber die obere, auf seitwärts angebrachten Leisten; oberhalb wird die Rinne mittelst einzelner Tafeln bedeckt, so daß sie einen Tunnel bildet, durch welchen die Maische auf den Kühlflächen von oben nach unten fließt, während derselben von unten nach oben mittelst eines Ventilators ein Luftstrom entgegengetrieben wird. Die beiden Kühlflächen sind aus einzelnen Metalltafeln von Kupfer-, Eisen- oder auch Zinkblech herzustellen, sie erhalten seitwärts einen Rand und werden mit einander nicht verbunden, sondern nur dachziegelartig über einander gelegt, um sie leicht abnehmen zu können. Zur gleichmäßigen Zuleitung und Vertheilung der zu kühlenden Maische sind in einer Entfernung von 4 bis 5 Zoll, der Länge nach auf den Tafeln, mit einander correspondirende Stäbe befestigt und dadurch eine entsprechende Anzahl von kleinen Rinnen hergestellt. Die Stäbe, welche diese Rinnen bilden, können von gleichem Metall oder auch von oben abgerundeten, unten flach aufliegenden Holzleisten gemacht werden. Von Kupfer sind sie einfach aufzulöthen, von Eisen aufzunieten, von Holz aber mittelst Holzschrauben von unten zu befestigen. Die Tafeln von schwachem Metall erhalten durch diese Stäbe eine hinreichende Festigkeit oder Steife, wozu sie auch unterhalb noch mit zwei Querleisten zu versehen sind; für diese erhält die seitliche Auflage entsprechende Ausschnitte, wodurch die einzelnen Tafeln gegen eine Verschiebung oder Hinuntergleiten geschützt werden. Bei dieser Einrichtung sind sie leicht abzunehmen und nach dem Gebrauche bequem zu reinigen.

Um für concentrirtere, mitunter noch mit kleinen Klumpen oder wie bei der Kartoffelmaische noch mit kleinen Stücken vermischte Maischen eine gleichmäßige Vertheilung in den einzelnen Rinnen auf der Kühlfläche zu erlangen, befindet sich im Boden des am oberen Ende aufgestellten Maischbehälters für jede solche Rinne eine verhältnißmäßig größere Oeffnung, die aber mittelst durch Bleiringe beschwerter hölzerner Stempel geschlossen gehalten werden. Um sie zu öffnen, sind letztere mittelst einer Daumenwelle zu heben und dadurch ein Abfluß der Maische zu gestatten. Durch die Länge der Daumen ist die Höhe des Hubs und durch diese die Zeitdauer des Oeffnens oder Abflusses zu bestimmen. Beim Niederfallen der Stempel werden die Oeffnungen nicht nur geschlossen, sondern auch von den etwa steckengebliebenen Maischtheilen befreit, so daß beim nächsten Hub der Abfluß wieder sicher erfolgt. Die Drehung der Daumenwelle läßt sich leicht mit der Bewegung des Ventilators verbinden. Die untere Kühlfläche steht oben in der Rinne um so viel weiter vor, daß sie aus demselben Maischbehälter wie die obere zu speisen ist. Am unteren Ende der Kühlrinne wird die Maische in einem flachen Behälter aufgefangen und von hier direct in den Gährbottich geleitet.

Außer der Beschleunigung der Abkühlung gewährt der Apparat den Vortheil, daß die Maische, wie erwähnt, in innige Berührung mit der Luft kommt und mit dieser doch nur in kürzester Zeit bei der Temperatur in Berüh-

rung bleibt, bei der so leicht eine nachtheilige Aenderung des Zuckers oder Säuerung, durch Entstehung von Milchsäure, eintritt. Dabei können die zuerst gekühlten Portionen sogleich in Gährung gebracht und die nachfolgenden der bereits in Gährung begriffenen Maische zugefügt werden. Die Gährung beginnt und verläuft dadurch viel kräftiger, selbst bei einer niedrigeren Temperatur, die nicht minder einer schädlichen Säuerung entgegenwirkt.

Mit zwei solchen Kühlern von angegebener Größe konnten in einer Rübenbrennerei, wo der gewonnene Saft bis zum Kochen erhitzt wurde, gegen 1000 Ctnr. desselben innerhalb 24 Stunden bis auf 25° C. gekühlt werden.

Gährbottiche. In den meisten Brennereien findet man hölzerne, aus eichenen oder tannenen Stäben zusammengesetzte und durch eiserne Bänder zusammengehaltene Bottiche von schwach conischer Form, oben etwas enger wie unten, deren Höhe etwa ihrem Durchmesser gleichkommt oder etwas geringer ist. Flache ovale Bottiche, die man früher allgemein anwandte, als die Maische noch im Gährbottich bereitet wurde, sind jetzt wohl allgemein abgeschafft; früher war diese Form unentbehrlich, weil in einem tiefen, fast cylindrischen Bottich die Bearbeitung der Maische und namentlich das Teigschlagen wegen der größeren Tiefe nicht ausführbar war. Die flachen ovalen Bottiche haben den großen Nachtheil vor den cylindrischen, daß sie der Luft eine weit größere Oberfläche darbieten wie jene, ihr Inhalt wird daher leichter abkühlen und durch die große der Luft ausgesetzte Fläche der gährenden Maische wird Milchsäure- und Essigbildung in hohem Maße, namentlich während der warmen Jahreszeit eintreten.

Die hölzernen Bottiche haben den einzigen Nachtheil, daß ein Theil der Maische in ihre Wände eindringt und dann nach dem Entleeren durch die Berührung mit der Luft in Säureferment übergeht, welches äußerst nachtheilig auf die spätere Füllung einwirkt. Man hat dieses dadurch zu vermeiden gesucht, daß man die inneren Wände der Bottiche mit einem Ueberzuge von geschmolzenem Harz überzog, was wohl ganz zweckmäßig sein mag. Die nothwendige häufige Erneuerung dieses Anstrichs ist jedoch lästig. In anderen Brennereien werden die Bottiche nach jedem Gebrauch mit Kalkwasser ausgewaschen, um so alle vorhandene oder etwa sich bildende Säure zu neutralisiren. Am zweckmäßigsten ist es jedoch, die Bottiche gleich nach der Entleerung mit Wasser auszuwaschen und sie dann bis zum nächsten Gebrauch ganz bis zum Rande mit Wasser zu füllen. Alles, was in das Holz eingezogen ist, wird dann durch das Wasser ausgelaugt, so daß man immer nur ganz reine Bottiche zur Gährung verwendet. Es erfordert dieses allerdings einen nicht ganz unbeträchtlichen Aufwand von Wasser, den man aber, wo er irgend zu beschaffen ist, nicht scheuen sollte.

Steinerne aus Sandstein oder Thonschieferplatten gefertigte Bottiche sind im Allgemeinen noch poröser wie hölzerne und haben außerdem noch den Nachtheil, daß sie bessere Wärmeleiter wie Holz sind und daher zur Abkühlung der Maische noch mehr wie jene beitragen. Man setzt sie aus viereckigen Platten zusammen und zwar so, daß die eine Seitenwand immer zwei Bottichen gemeinschaftlich ist. Die Form der Bottiche nähert sich dann der des Würfels. Es können daher in einem beschränkten Gährraum bedeutend mehr solcher Bottiche aufgestellt werden, als wenn sie rund sind. In einer großen Brennerei in Bremen, die ich vor einigen Jahren Gelegenheit hatte zu sehen, war diese viereckige Form auch auf hölzerne Bottiche angewandt, die in zwei langen Reihen so neben einander standen, daß jede Reihe gewissermaßen einen großen Trog bildete, der durch eine entsprechende Anzahl von Scheidewänden in eben so viele Bottiche getheilt war.

Die Porosität der steinernen Bottiche kann man dadurch unschädlich machen, daß man sie mit einem Anstrich von heißem Leinölfirniß so oft überzieht, bis von dem Firniß nichts mehr aufgesogen wird.

Eiserne Bottiche theilen zwar nicht die Porosität der steinernen, ihre noch größere Wärmeleitungsfähigkeit ist aber ein Hinderniß ihrer Anwendung in nicht sehr großen Brennereien. In den englischen Brennereien verwendet man sehr vielfach eiserne Bottiche. Diese sind dann aber so groß, daß ihre Oberfläche im Verhältniß zu ihrem Inhalt nur einen kleinen Theil ausmacht. Die große Masse der gährenden Maische bleibt darin meist auf der richtigen Temperatur; sollte diese sich jedoch zu sehr erniedrigen, so kann man durch Röhren, welche auf dem Boden liegen, Dampf leiten und dadurch die Gährung reguliren. Bei zu stürmischer Gährung leitet man kaltes Wasser durch die Röhren und kann so die Temperatur herabdrücken.

Zur Bereitung der sogenannten Kunsthefen sind außerdem kleinere Bottiche erforderlich, deren Größe meist durch gesetzliche Vorschriften regulirt wird, indem ihr Inhalt nur in einem bestimmten Verhältniß zur Größe des Gährbottichs stehen darf. Sie sind allgemein von Holz angefertigt, aber mit Kupferblech ausgeschlagen, da nur dadurch die größte Reinlichkeit zu erzielen ist, die bei dem hohen Säuerungsgrade der Hefe doppelt erforderlich ist. Für diese Hefegefäße bestimmt man am besten ein kleines neben dem Gährraum belegenes Local, welches durch starke Wände möglichst vor Abkühlung geschützt ist und im Winter durch einen guten Füllofen gelinde geheizt werden kann.

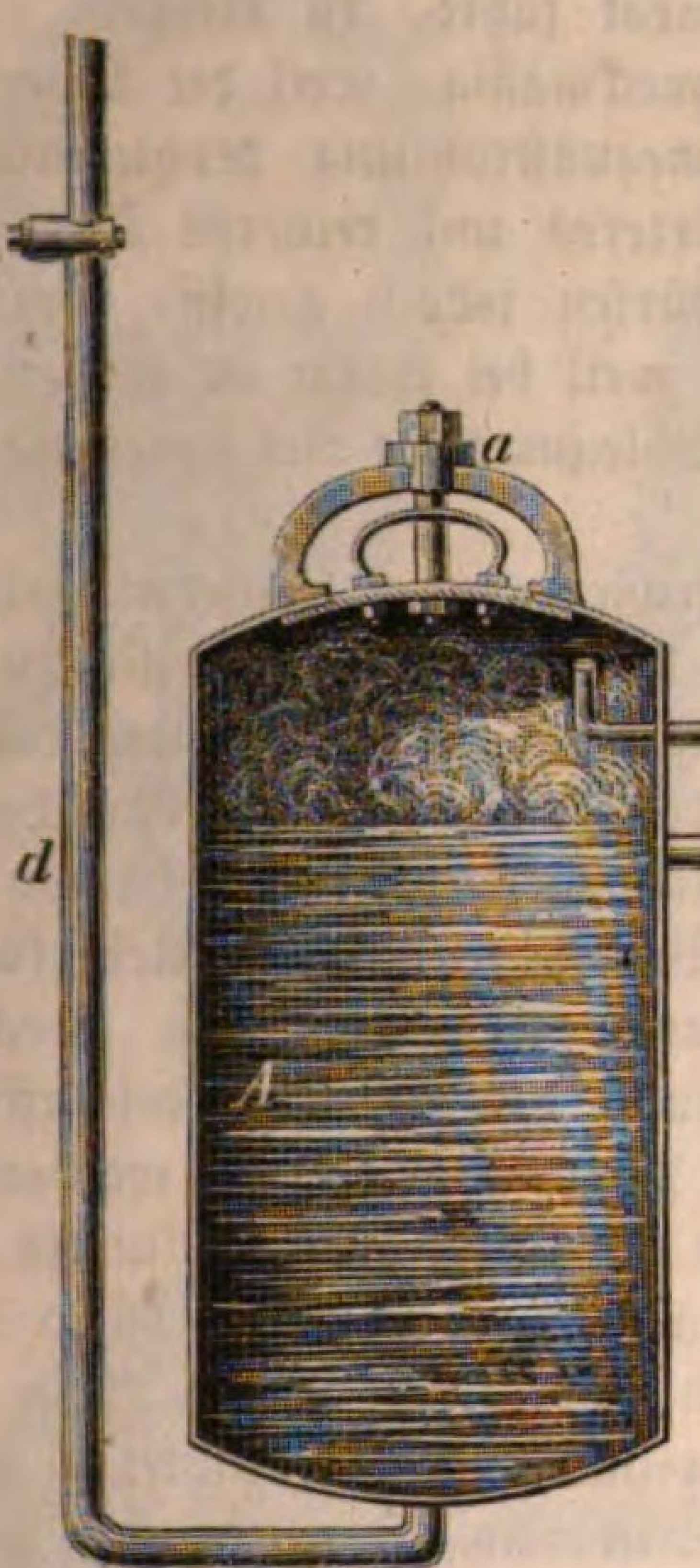
Die Gährbottiche stehen am besten auf Unterlagen, die so hoch sind, daß der Raum unter denselben leicht gereinigt werden kann. Der Boden des Gährraums ist mit Fliesen belegt oder mit Asphalt ausgegossen und muß nach einer Seite hin geneigt sein, wohin alles zum Reinigen des Bodens angewandte Wasser rasch und leicht abfließt. Bei großer Wärme im Sommer gießt man häufig am Tage kaltes Wasser über den Boden, um durch dessen Verdunstung die Wärme der Luft zu mäßigen.

Unterhalb des Fußbodens und unmittelbar unter den Gährbottichen liegt eine Rinne, in welche von jedem Bottich ein weites mit einem Stöpsel verschlossenes Rohr mündet, durch welches die fertig gegohrene Maische abgelassen werden kann. Sie fließt von dieser Rinne in einen Behälter, aus dem sie mittelst einer Pumpe in ein auf dem Boden befindliches Reservoir geschafft wird. Dieses Reservoir muß jedenfalls so hoch stehen, daß die

Maische unmittelbar aus demselben in den Vorwärmer des Destillirapparates fließen kann.

Statt der Pumpe bedient man sich weit zweckmäßiger eines Apparates, der schon seit langer Zeit in den Zuckerfabriken zum Heben des Saftes benutzt wird und unter dem Namen Saftheber oder Montejus bekannt ist. Er ist in Fig. 39 dargestellt. Er besteht aus einem

Fig. 39.



starken eisernen Behälter A, der so weit in die Erde eingelassen ist, daß das Rohr b die Mündung der Rinne, in welche die Maische aus den Bottichen gelassen wird, bildet. Der Durchmesser der Oeffnung des dieselbe verschließenden Hahnes muß dabei weiter als das Rohr sein, welches den Bottich mit der Rinne verbindet, damit die Maische in der Rinne sich nicht stauen kann. In derselben Höhe von b liegt ein zweites Hahnenrohr, welches durch Ausfließen der Maische die richtige Füllung anzeigt. Es wird dann sofort das Ablaßrohr des Bottichs verschlossen. Oben ist der Behälter durch eine Bügelschraube a hermetisch verschlossen; das Mannloch braucht nur bei etwa vorkommenden Reparaturen, oder vor einem längeren Stillstand, behufs einer gründlichen Reinigung geöffnet zu werden. Nach dem Verschließen des Hahnes b und des Lufthahnes läßt man durch das Rohr c Dampf eintreten, der den oberen Theil erfüllt, die darin befindliche Luft durch die Erwärmung ausdehnt und außerdem durch seinen eigenen Druck die Flüssigkeit durch das Rohr d herauspreßt und den ganzen Inhalt in das Maischreservoir schleudert. Für jede Atmosphäre Spannung des Dampfes kann man damit die Maische um 20 Fuß hoch heben. Nach der Entleerung, die man durch das Warmwerden des Rohres d erkennt, sperrt man die Zuleitung des Dampfes ab und läßt den im Behälter befindlichen Dampf durch den Hahn e ausblasen. Gleich darauf kann man den Behälter von Neuem füllen und so in wenig Minuten den Inhalt eines großen Bottichs in das Reservoir schaffen.

Für die sonstige Construction des Gährraums gilt das für den kleinen Raum der Hefengefäße Gesagte. Er muß so liegen, daß er möglichst wenig dem Temperaturwechsel ausgesetzt ist. Starke Umfassungswände mit gegen Norden angebrachten Fenstern und ein gutes Gewölbe lassen dieses am besten erreichen.

Destillationsapparate. Es ist oben, bei der Besprechung der Destillation im Allgemeinen, schon erwähnt, auf wie verschiedene Weise die Destillation ausgeführt werde, wie im Laufe der Zeit so mannigfache Veränderungen und Verbesserungen an den Apparaten angebracht sind. Es giebt eine so große Anzahl von Destillationsapparaten, daß sie sämmtlich zu beschreiben unmöglich ist. Häufig sind die Abänderungen höchst unwesentlich und zu gleicher Zeit nicht einmal zweckdienlich, sie scheinen manchmal mehr durch die Lust, Veränderungen anzubringen, als durch wirkliches Bedürfniß entstanden zu sein. Wir werden uns daher darauf beschränken, nur die wirklich charakteristischen Apparate näher anzuführen. Und diese theilen wir ein in

1) einfache Destillirapparate, bestehend aus Blase, Helm und Kühlrohr;
2) einfache Destillirapparate mit Vorwärmung der Maische durch die Wärme der abziehenden Feuerluft;
3) Destillirapparate mit rectificirendem Vorwärmer;
4) Destillirapparate mit Vorwärmer und Rectificator;
5) Destillirapparate mit Vorwärmer, Rectificator und Dephlegmator. Die letzteren werden geheizt:
   a) durch directes Feuer,
   b) durch einströmenden Dampf,
   c) durch einströmenden Dampf und durch Einschachtelung der Blasen in den Dampfkessel.

Die älteste und einfachste Form des Destillirapparates ist in Fig. 40 dargestellt. Darin ist A die Blase, ein

Fig. 40.



kupferner, mehr weiter als hoher Kessel mit schwach abgerundetem Boden, der zum größten Theil von dem Mauerwerk D umgeben ist. Der obere Theil des Kessels bildet einen mit dem Kessel verbundenen Deckel, der in der Mitte eine Oeffnung hat, in welche der unten offene Helm C genau paßt. Der Helm verjüngt sich nach oben, hat dort eine Biegung, die in ein Rohr oder den Schnabel des Helms E ausläuft. Der Schnabel mündet in ein langes gewundenes kupfernes Rohr, das

Kühlrohr oder Schlangenrohr, welches in dem mit Wasser gefüllten Behälter F liegt, worin die Dämpfe durch das umgebende kalte Wasser zu Flüssigkeiten verdichtet werden und bei K abfließen.

Dieser Apparat findet sich jetzt nur noch in den kleineren Brennereien, in allen fabrikmäßigen Anlagen ist er durch Apparate verdrängt, die eine bessere Ausnutzung der Wärme gestatten.

Es entweicht nicht allein ein großer Theil der Wärme unbenutzt in den Schornstein, sondern auch alle Wärme, die zur Erhitzung der Maische und zur Verdampfung des Alkohols und Wassers erforderlich ist, wird entweder durch die siedend heiße Schlempe oder durch das Kühlwasser entfernt. Bei diesem unvermeidlichen Wärmeverlust muß man durch möglichst vollkommene Einrichtung des Apparats darnach streben, die Verluste auf das geringste Maß zu reduciren. Dieses geschieht zunächst durch zweckmäßige Einrichtung der Feuerung.

Mehr oder weniger muß sich die Anlage der Feuerung nach der Art des zur Verfügung stehenden Brennmaterials richten, im Wesentlichen lassen sich jedoch einige allgemein gültige Regeln dafür aufstellen. Es hat sich dabei als sehr vortheilhaft bewährt, wenn man den eigentlichen Heizraum nicht unmittelbar unter, sondern vor die Blase legt und ihn hier mit einem flachen Gewölbe überspannt. Das Gewölbe wird eine sehr hohe Temperatur annehmen und durch Ausstrahlung von Wärme die Verbrennung der Kohlen so befördern, daß alle Destillationsproducte und Ruß durch die heiße Luft vollständig verbrannt werden und als helle Flamme den Boden der Blase treffen. Durch gemauerte Züge wird eine Ausbreitung der Flamme verhindert, diese Flamme und die erhitzte Luft werden dadurch vielmehr gezwungen, auf einem um das Mehrfache verlängerten Wege unter der Blase zu circuliren und dabei ihre Wärme möglichst abzugeben. Ein zweiter Zug windet sich rings um die Seitenwand der Blase, und erst nachdem die Verbrennungsproducte auch diesen passirt haben, können sie in den Schornstein entweichen. Dieser Zug muß natürlich so angelegt sein, daß er die Blasenwand nur so weit trifft, wie sie, selbst nach beendigter Destillation, mit Flüssigkeit bedeckt bleibt, weil sonst ein Anbrennen und eine Zerstörung des Apparats unausbleiblich sein würde.

Die Größe der Blase ist sehr verschieden und muß sich ganz nach dem Umfange des Betriebes richten. In England wandte man früher Blasen an, die in einer Füllung bis 80000 Quart faßten, und diese bedurften eine volle Woche, um abdestillirt zu werden (Dobb). Von solchen monstruösen Apparaten ist man jedoch gänzlich zurückgekommen und macht die Blasen nie größer, als daß sie bei mehrmaliger Benutzung die an einem Tage zu verarbeitende Maische abtreiben können. Ihre Größe muß so sein, daß sie bei jeder Füllung nicht mehr als bis zu $^3/_4$ oder höchstens $^4/_5$ ihres Raumes von der Maische gefüllt zu werden brauchen, um der sich durch die Erhitzung ausdehnenden Flüssigkeit Raum zu lassen und um ein Uebersteigen und Ueberschäumen zu vermeiden. Um die Wärme so viel als möglich zu benutzen, giebt man ihnen einen Durchmesser, der sich zu ihrer Höhe wie 5 : 2 oder wie 3 : 1 verhält. Die Weite der Blasenöffnung, welche den Helm aufnimmt, sollte wenigstens 1 Fuß im Durchmesser haben, um bequem hineinlangen und die Blase reinigen zu können. Am Boden der Blase ist außerdem eine durch einen Holzstöpsel oder Hahn zu verschließende Oeffnung, durch welche die Schlempe abgelassen wird.

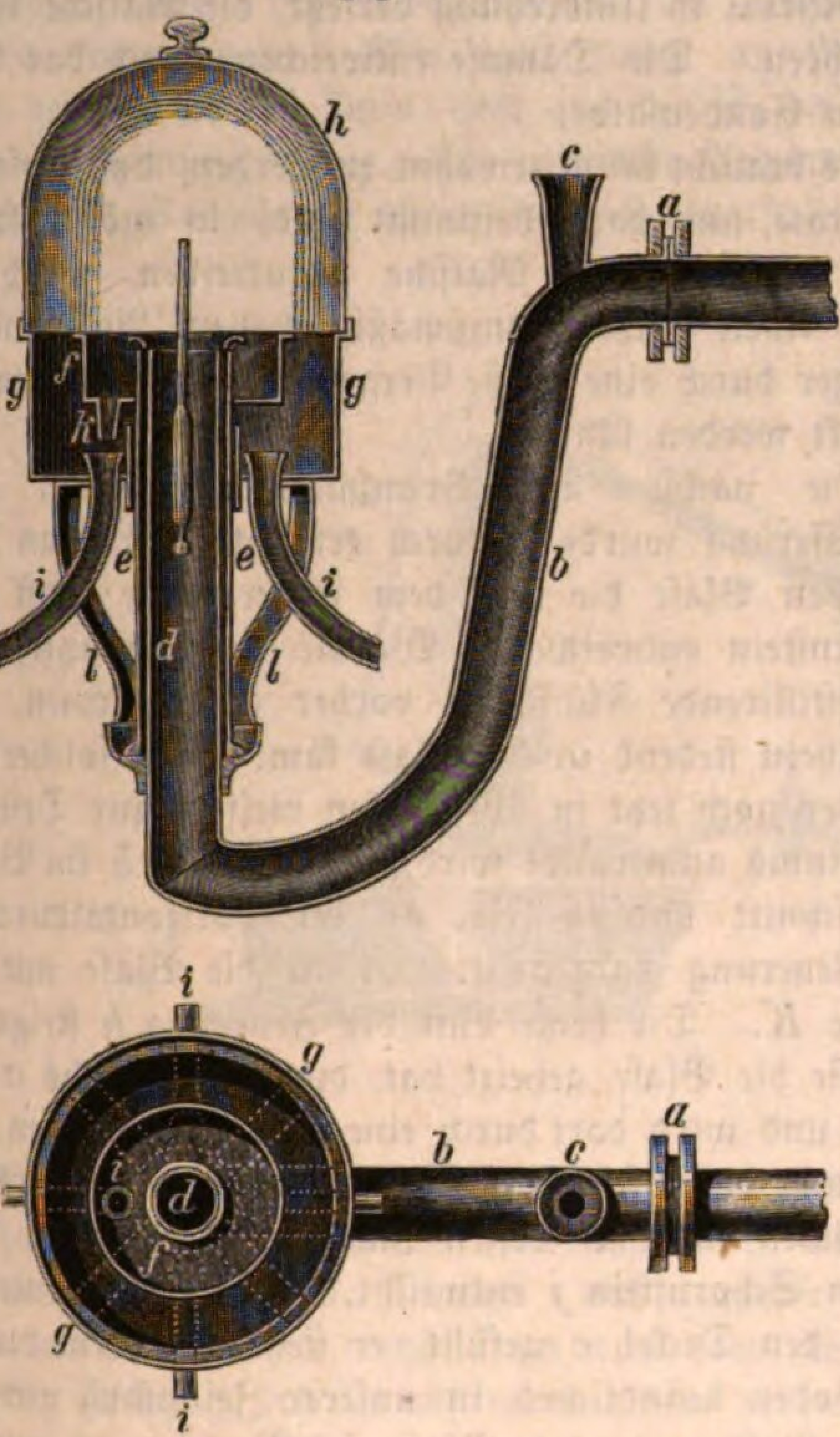
Ueber die Form und Größe des Helms sind die Ansichten sehr verschieden. Balling empfiehlt ihn möglichst klein zu machen, oder vielmehr ihn durch einen auf die Blasenöffnung zu schraubenden Deckel, von dem ein Rohr zum Kühlapparat führt, zu ersetzen. Dieses ist jedoch gewiß nicht zweckmäßig, weil die Oberfläche des Helms durch Wärmeausstrahlung dephlegmirend wirkt und so ein concentrirteres und reineres Destillat gewinnen läßt. Dabei dürfen jedoch gewisse Grenzen nicht überschritten werden, weil bei einem zu großen Helm zur Wiedererhitzung des Phlegmas zu viel Feuerung gebraucht werden würde.

Ob man einen größeren oder kleineren Helm anwenden soll, wird durch das zu gewinnende Product bedingt. Handelt es sich lediglich um die Abscheidung der Alkoholtheile, wie dies bei der Destillation der Maische meist der Fall ist, so hat man einen möglichst kleinen Helm zu wählen; der zur Verhinderung des Ueberkochens der Maische nöthige Raum ist dabei am zweckmäßigsten durch geringere Füllung der Blase zu beschaffen. Soll dagegen ein reineres Product gewonnen werden, wie bei der Destillation oder Rectification des Lutters, so wird ein größerer Helm nöthig, damit die durch die Fuseltheile und mechanisch mit fortgerissenen Theile verunreinigte Flüssigkeit nicht mit in den Abkühler gelange.

Das Kühlrohr ist ein spiralförmig gewundenes Kupferrohr, welches oben, da wo der Schnabel des Helmes in dasselbe eintritt, so weit ist, daß sein Durchmesser sich zu dem der Blase wie 1 : 12 verhält. Nach unten läuft es verjüngt zu, weil die Dämpfe in dem Maße, wie sie sich in den oberen Windungen verdichten, weniger Raum einnehmen. Man vermeidet durch diese Verengung des Rohres zugleich das Eintreten von Luft in die Röhre, welche zur Oxydation des Kupfers und Grünspanbildung beitragen würde. Die Länge des Rohrs muß sich nach dem Volum der zu verdichtenden Dämpfe, mehr noch aber nach dem Quantum des zur Verfügung stehenden Kühlwassers richten. Ist man genöthigt, an Kühlwasser zu sparen, so muß man das Rohr verlängern und es in einen sehr großen Bottich legen, in welchen das Rohr erst in der Mitte seiner Höhe eintritt und nur den unteren Theil einnimmt. Das heiß gewordene Wasser steigt vermöge seines geringeren specifischen Gewichts in die Höhe, während das kältere Wasser aus der oberen Hälfte des Bottichs herabsinkt, so daß der untere Theil der Schlange stets in kaltem Wasser liegt. Das erhitzte Wasser vom oberen Theile des Bottichs kann dann zum Einmaischen u. dergl. benutzt werden. Hat man reichlich Wasser und kann man dieses ohne große Kosten so weit in die Höhe schaffen, daß es sich in ununterbrochenem Strome in das Kühlfaß ergießt, so kann man die Schlangenröhre bedeutend abkürzen und ein kleineres Kühlfaß anwenden. Das kalte Wasser wird dann durch ein Rohr, welches außen dicht über dem Boden in das Faß geht, zugeleitet und fließt erwärmt oben ab. Man findet häufig die Einrichtung, daß das Rohr für

das kalte Wasser in dem Kühlfasse steht, dieses ist jedoch bei Weitem nicht so zweckmäßig, weil dann das kalte Wasser, indem es die oberen warmen Schichten, welche das Rohr umgeben, passirt, immer mehr oder weniger erwärmt wird. Dieses wird durch die Zuleitung von außen ganz vermieden.

Fig. 41.



Die Form des Kühlrohrs ist in der obigen Zeichnung nicht sichtbar, wir werden jedoch später noch mehrfache Gelegenheit haben, dieses sowie auch andere Constructionen des Kühlapparates zu zeigen.

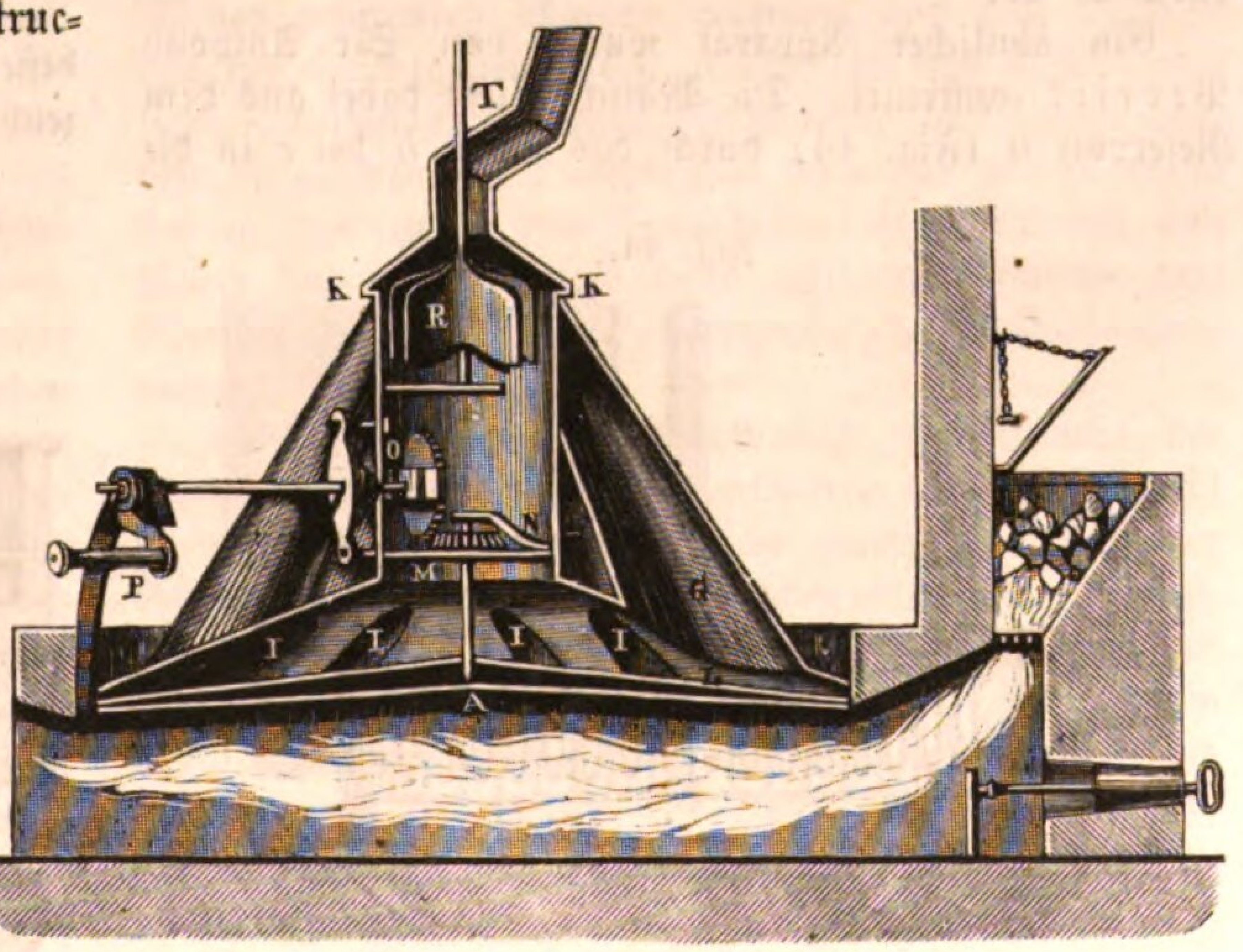
Aus dem Kühlrohr fließt das Destillat in eine Vorlage und wird aus dieser in geeignete Behälter entleert; ist es Branntwein, so kommt er in die Verkaufsfässer, ist es Lutter oder Nachlauf, so wird es in besondere Sammler gebracht. In allen besseren Brennereien und namentlich beim fabrikmäßigen Betriebe ist zwischen dem Kühlrohr und der Vorlage noch ein Apparat eingeschaltet, welcher verhütet, daß zu viel Luft in das Schlangenrohr tritt, und gleichzeitig die Qualität des Destillats fortwährend controlirt. Dieser Apparat in seiner vollkommensten Construction, nach **Siemens**, ist in Fig. 41 dargestellt.

Die Verschraubung a verbindet das Rohr b mit der Kühlschlange, das Trichterrohr c dient zum Entweichen der nicht verdichtbaren Gase. Das gebogene Rohr b mündet in das Cylinderrohr d, in welchem ein Alkoholometer schwimmt, an dem man jeden Augenblick den Gehalt des Destillats ablesen kann. Das Rohr d hat oben einen umgebogenen Rand und ist von dem beweglichen Rohrstück ee umgeben. An e ist ein Kranz ff angelöthet, in welchen sich das aus d abfließende Destillat ergießt. Ein anderer Kranz gg trägt die Glasglocke h und ist unten mit vier Ablaufröhren ii, welche nach verschiedenen Behältern führen, versehen. In den trichterförmigen Theil dieser Röhren läßt sich das Destillat aus dem Kranze ff durch die Tülle k leiten, je nachdem man das bewegliche Rohr ee von außen dreht. Der äußere größere Kranz gg ist durch die Bügel l mit dem festen Rohre d verbunden, so daß er von diesem getragen wird.

Die Röhren ii sind jede mit einem besonderen Behälter verbunden, von denen z. B. der eine für Spiritus, der andere für Branntwein, der dritte für Lutter, der vierte für Nachlauf bestimmt ist. Während der Destillation zeigt das Alkoholometer durch seinen Stand in der Flüssigkeit den Gehalt des Products. Sobald dieser unter die beabsichtigte Stärke sinkt, bringt man durch einfache Drehung des Rohres e die Abflußtülle k über die Mündung eines anderen Rohres i und fängt so jeden einzelnen Theil des Destillats für sich besonders auf.

Zu den einfachen Apparaten gehören auch die von **Sligo** in Leith 1787 eingeführten Blasen zur schnellen Destillation, die oben (S. 199) erwähnt sind. Unter jetzigen Steuerverhältnissen sind sie natürlich unbrauchbar und haben daher nur noch geschichtliches Interesse. Das Princip der Construction beruht darauf, daß die Maische in einer sehr dünnen Schicht auf einer großen stark erhitzten Fläche ausgebreitet wird. Die Flüssigkeit schäumt und wallt dabei stark auf und wird in ungemein kurzer Zeit ihres Alkohols beraubt. Fig. 42 zeigt die Blase von **Sligo** im Durchschnitt und Fig. 43 in äußerer Ansicht. Sie ist für eine Füllung für 310 bis 320 Quart berechnet, hat einen Durchmesser von 16 Fuß und wurde in 3 bis $3^1/_2$ Minuten gefüllt, abgetrieben und entleert.

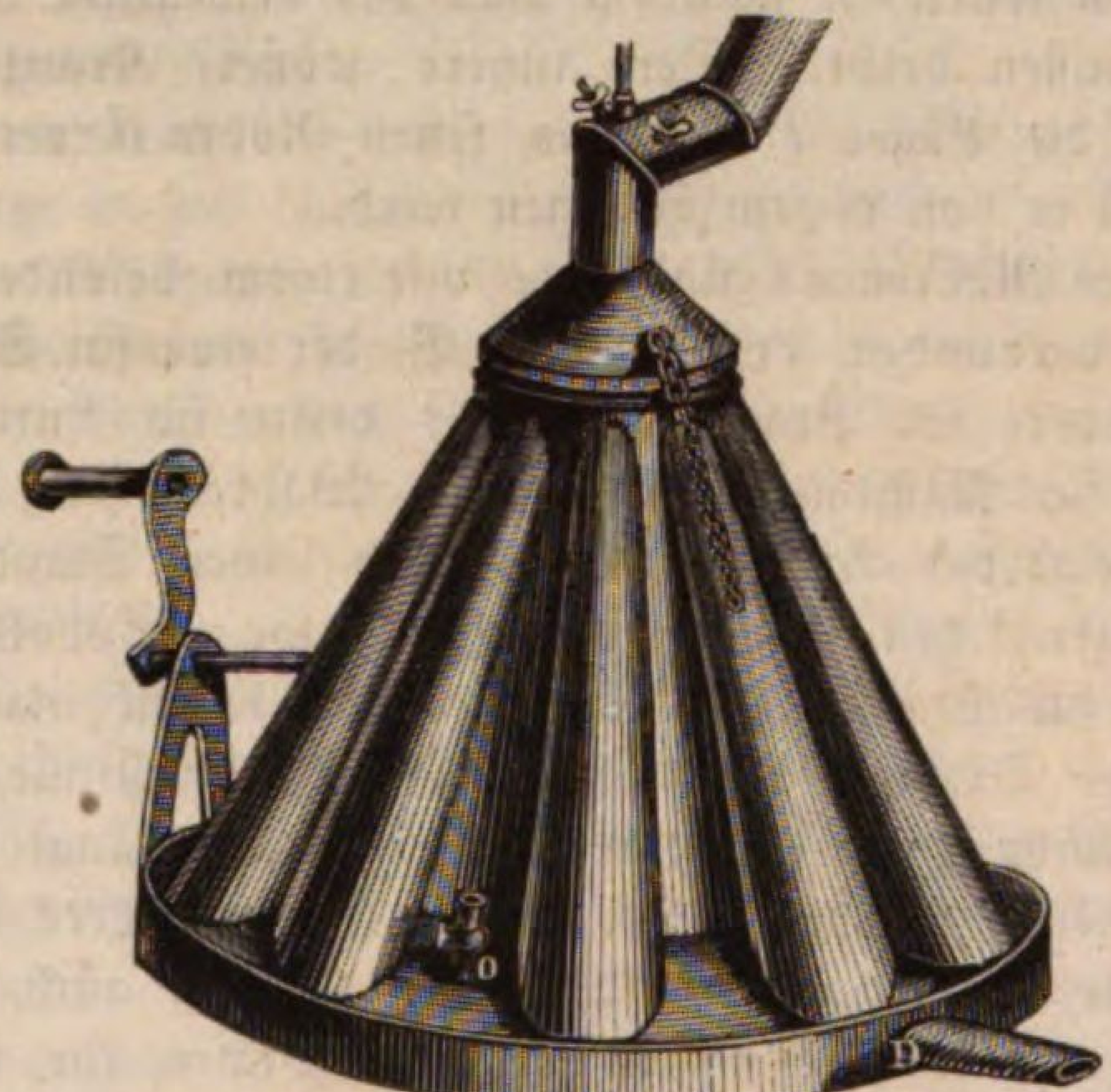
Fig. 42.



Der Boden der Blase A ist schwach nach innen gebogen, wenige Zoll über dem Boden erhebt sich schon der Deckel, der in den cylindrischen Helm K ausläuft. Auf dem Deckel sind außerdem noch zehn weite Röhren G angebracht, die bei J in die Blase und an ihrem

oberen Ende in den Helm münden. Im Innern des Helms befindet sich ein Triebwerk, bestehend aus zwei Zahnrädern O und N, welches durch die Kurbel S von außen in Bewegung gesetzt wird und dazu dient,

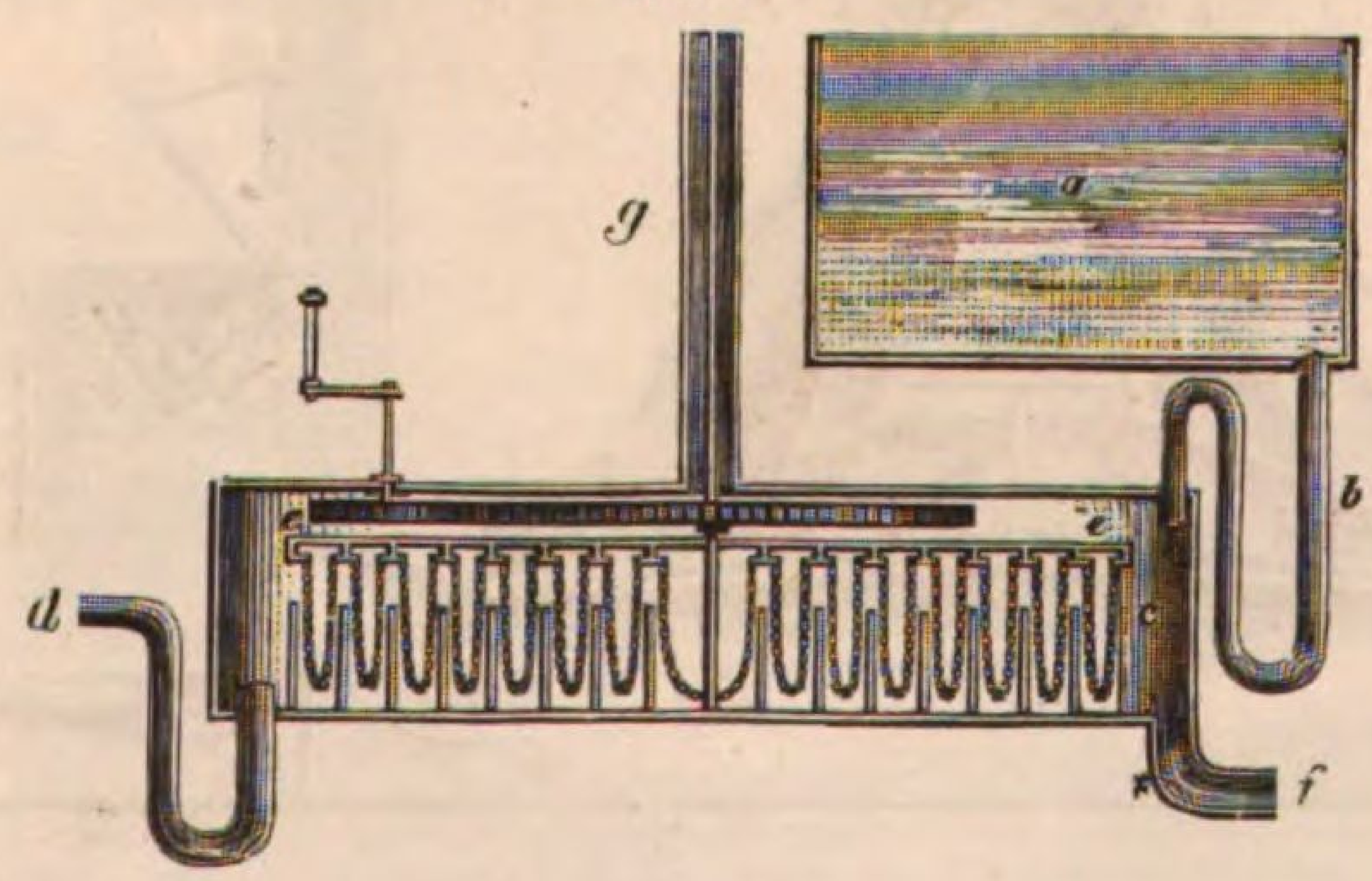
Fig. 43.



den Rührapparat L, durch den die Maische aufgewühlt wird, in Umdrehung zu versetzen. Die stark aufschäumende Maische steigt nicht allein hoch in den Helm, welcher vom Boden der Blase bis zu dem Punkte K 18 Fuß mißt, sondern auch in die Röhren G, von denen sie wieder in den Helm fließt. Um ein Ueberschäumen zu verhüten, ist daher im oberen Theile des Helms ein Schaumbrecher R befindlich, ein aus vier Flügeln bestehender Apparat, der durch ein außerhalb liegendes Getriebe in Umdrehung versetzt wird. Die Dämpfe entweichen durch das Rohr T in den Kühlapparat. Die Füllung geschieht durch ein mit dem Hahnenrohr O (Fig. 43) verbundenes Rohr. Die Schlempe fließt durch D ab.

Ein ähnlicher Apparat wurde von Sir Anthony **Perrier** construirt. Die Maische fließt dabei aus dem Reservoir a (Fig. 44) durch das Rohr b bei c in die

Fig. 44.



Blase. Diese ist durch eine große Zahl concentrischer Ringe in viele kreisförmige Räume getheilt, die so unter sich communiciren, daß die Maische jeden Raum nach einander durchströmen muß. Auf ihrem Laufe wird sie vollständig entgeistet und fließt, sobald sie das andere Ende dieser ringförmigen Räume erreicht hat, als Schlempe ab. d ist das Abflußrohr, welches so gebogen ist, daß die Maische immer ein bestimmtes Niveau in der Blase einnimmt; f ist ein während des Betriebes geschlossenes Rohr und dient zum völligen Entleeren und Reinigen der Blase. Von der Stange e hängen eiserne Ketten herab, die fast bis auf den Boden jeder einzelnen Abtheilung reichen und, durch ein Triebwerk und Kurbel in Umdrehung versetzt, die Maische beständig aufrühren. Die Dämpfe entweichen durch das Rohr g in den Condensator.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß diese beiden Apparate nur dazu bestimmt sind, in möglichst kurzer Zeit möglichst viel Maische abzutreiben, welches nur durch einen unverhältnißmäßig hohen Aufwand oder richtiger durch eine große Vergeudung von Brennmaterial bewirkt werden kann.

Die nächste auf Brennmaterialersparniß zielende Verbesserung wurde dadurch erreicht, daß man bei der einfachen Blase die aus dem Feuerraume sonst in den Schornstein entweichende Wärme dazu benutzte, um die zu destillirende Flüssigkeit vorher zu erwärmen, so daß sie nahezu siedend in die Blase kam. Ein solcher Apparat, der noch jetzt in Westindien vielfach zur Destillation des Rums angewandt wird, ist in Fig. 45 im Verticaldurchschnitt und in Fig. 46 im Horizontaldurchschnitt der Feuerung dargestellt. A ist die Blase mit ihrem Helme K. Die heiße Luft der Feuerung h steigt, nachdem sie die Blase geheizt hat, durch den Fuchs a in die Höhe und wird dort durch eine Zunge gezwungen, in der Richtung der Pfeile den Boden des Vorwärmers B zu bestreichen und so dessen Inhalt zu erwärmen, ehe sie in den Schornstein j entweicht. Der Vorwärmer wird durch den Deckel c gefüllt, er steht außerdem durch ein am Boden befindliches, in unserer Zeichnung nicht sichtbares Rohr mit der Blase in Verbindung und läßt durch dieses, nach der Entleerung der Schlempe, seinen Inhalt in die Blase abfließen.

Ein ähnlicher Apparat, bei dem die Wärme noch besser ausgenutzt wird, ist in Fig. 47 und 48 gezeichnet. Die Feuerluft wird zunächst durch Züge mehr-

Fig. 45 u. Fig. 46.

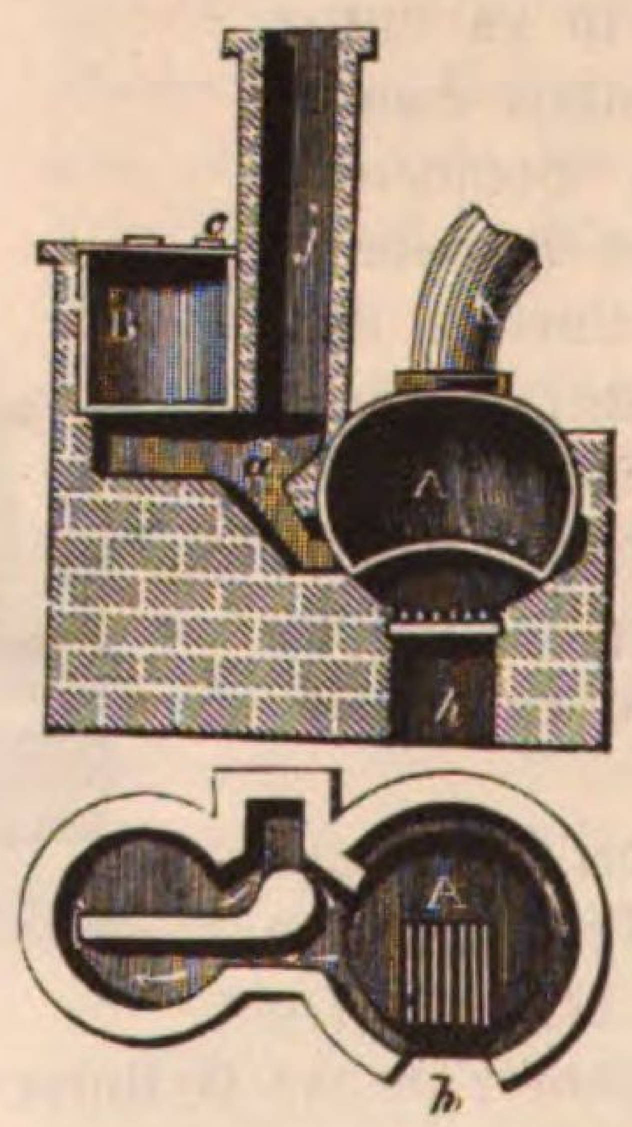
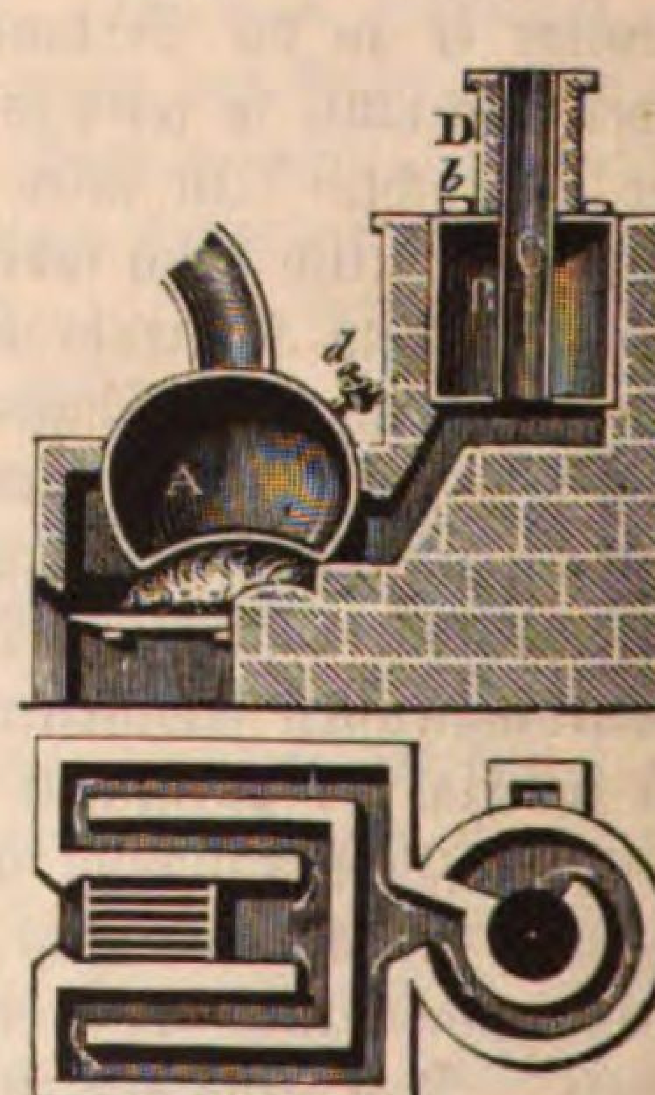


Fig. 47 u. Fig. 48.

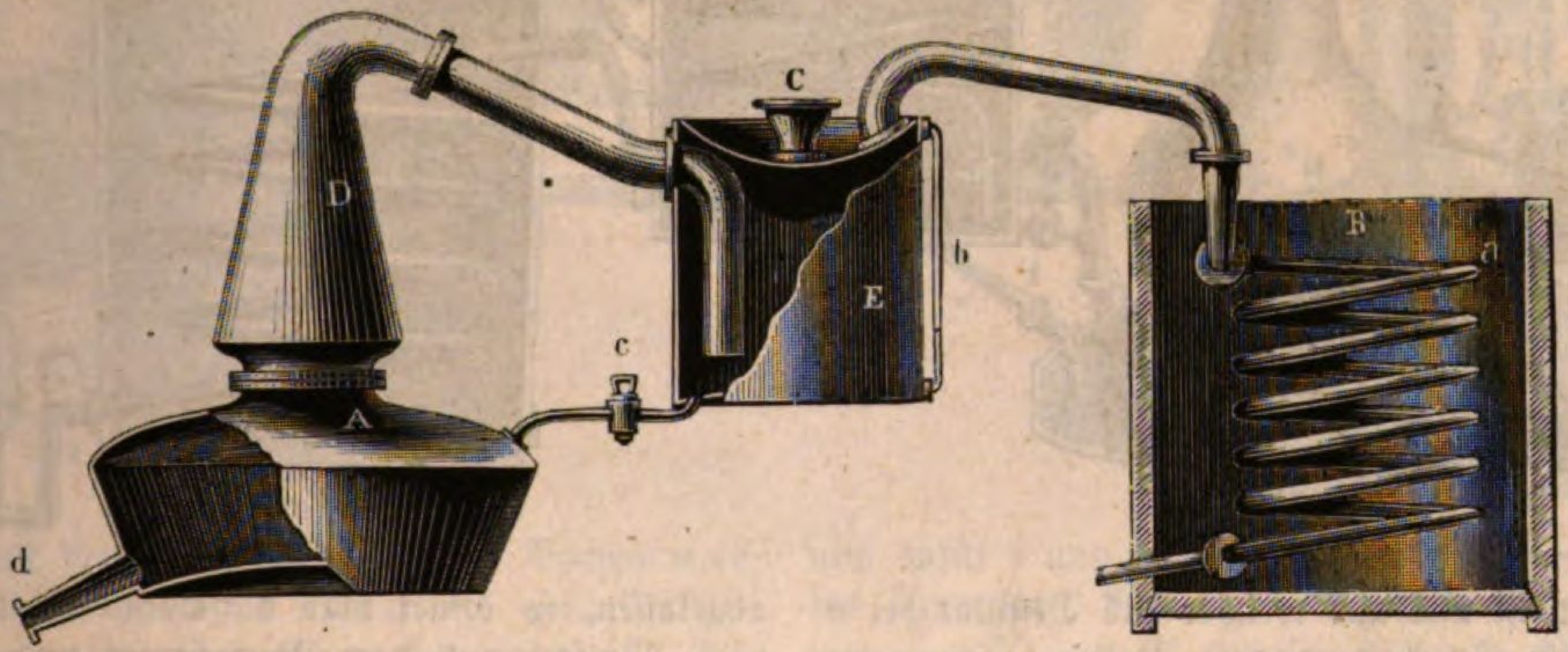


fach unter dem Boden der Blase A hin und her geleitet, von dort gelangt sie unter den Vorwärmer B, dessen Boden sie heizt, und zieht endlich durch ein eisernes Rohr

C durch den Vorwärmer in den Schornstein *D*. Der Deckel *b* dient zum Füllen des Vorwärmers, das Hahnenrohr *d* zum Füllen der Blase aus dem Vorwärmer.

Die dritte Modification des Destillirapparats besteht darin, daß die in der Blase entwickelten Dämpfe dazu dienen, die Flüssigkeit im Vorwärmer zu erhitzen und dabei nicht allein wasserärmer werden, sondern auch noch einen großen Theil des Alkohols aus der erwärmten Flüssigkeit fortnehmen. Wie weit dabei an Brennmaterial gespart werden kann, geht aus der S. 187 angeführten Berechnung hervor. Der einfachste Apparat mit rectificirendem Vorwärmer ist in Fig. 49 dargestellt. Er besteht aus der Blase *A*, dem Kühlapparat *B* und dem zwischen beiden eingeschalteten Vorwärmer *E*, in welchem ein Rohr, welches gewissermaßen eine Verlängerung des Helms *D* bildet, bis fast auf den Boden reicht. Der Vorwärmer wird durch ein dampfdicht verschließbares Trichterrohr *C* gefüllt. Ein Glasrohr *b* zeigt dabei den Stand der Flüssigkeit im Vorwärmer, das Rohr *d* dient zum Ablassen in die Blase. Beim Sieden des Blaseninhalts verdichten sich zunächst die Dämpfe vollständig im Vorwärmer, bis dessen Inhalt durch die Wärme des Dampfes zum Sieden kommt. Alsdann entweichen die Dämpfe und werden im Schlangenrohr

Fig. 49.



a verdichtet. Die Wasserdämpfe, welche beim Erwärmen der Flüssigkeit im Vorwärmer condensirt sind, können durch die nachfolgenden Dämpfe nicht wieder verflüchtigt werden; ebenso wenig kann von dem Wassergehalt der Füllung des Vorwärmers etwas verdunsten, wohl aber kann der Alkohol, sowohl der, welcher zuerst condensirt wurde, als auch der, welcher in der Füllung des Vorwärmers enthalten war, verdampfen, weil die latente Wärme, welche der siedende Alkohol aufnehmen muß, um Dampfgestalt anzunehmen, weit geringer als die des Wasserdampfs ist, so daß die latente Wärme des Wasserdampfs die Destillation des Alkohols herbeiführen kann. In dem Maße aber, als durch Wärmeabgabe der Wasserdämpfe an den Alkohol letzterer verflüchtigt wird, muß sich Wasser condensiren, da es nach Abgabe seiner latenten Wärme nicht mehr als Dampf bestehen kann. Aus diesem Grunde wird das Destillat in einem solchen Apparate bei Weitem reicher an Alkohol und ärmer an Wasser ausfallen, als bei der gewöhnlichen Blase.

Nachdem die erste Blasenfüllung abgetrieben und die Schlempe entleert ist, läßt man die siedende Flüssigkeit aus dem Vorwärmer durch das Rohr *c* in die Blase fließen und füllt diesen mit Maische oder sonstiger zu destillirender Flüssigkeit. Da die Blasenfüllung schon den größten Theil ihres Alkohols abgegeben hat, so ist die Destillation hier rasch beendet und erfordert nur wenig Brennmaterial.

Als Destillationsapparat mit Vorwärmer und Rectificator ist zunächst der in vielen deutschen Brennereien verbreitete Dorn'sche Apparat (Fig. 50) zu erwähnen. Er besteht aus der Blase *A* mit dem Helme *B*, dem Vorwärmer *C* und dem Kühlapparat *D*. Die Construction wird am einfachsten aus der Beschreibung des Betriebs klar werden. Man füllt den Vorwärmer durch das offene Rohr *G* so weit mit Maische, bis diese aus dem geöffneten Hahne *b* auszufließen beginnt, wodurch gerade eine Füllung abgemessen ist. Diese Füllung läßt man sofort durch Oeffnen des Hahnes *E* in die Blase fließen und bringt, nachdem der Hahn *E* wieder geschlossen ist, wieder ebenso viel weingaare Maische in den Vorwärmer. Die Dämpfe der in der Blase zum Sieden gebrachten Maische gelangen aus dem Helm in das kurze Schlangenrohr *g*, welches in dem Vorwärmer liegt. Anfangs, so lange die Maische in *C* noch ganz kalt ist, werden alle Dämpfe hier verdichtet und sammeln sich in dem unter dem Vorwärmer liegenden und von diesem durch eine Scheidewand getrennten Raume, dem Rectificator, in welchem das untere Ende des Schlangenrohrs *g* mündet.

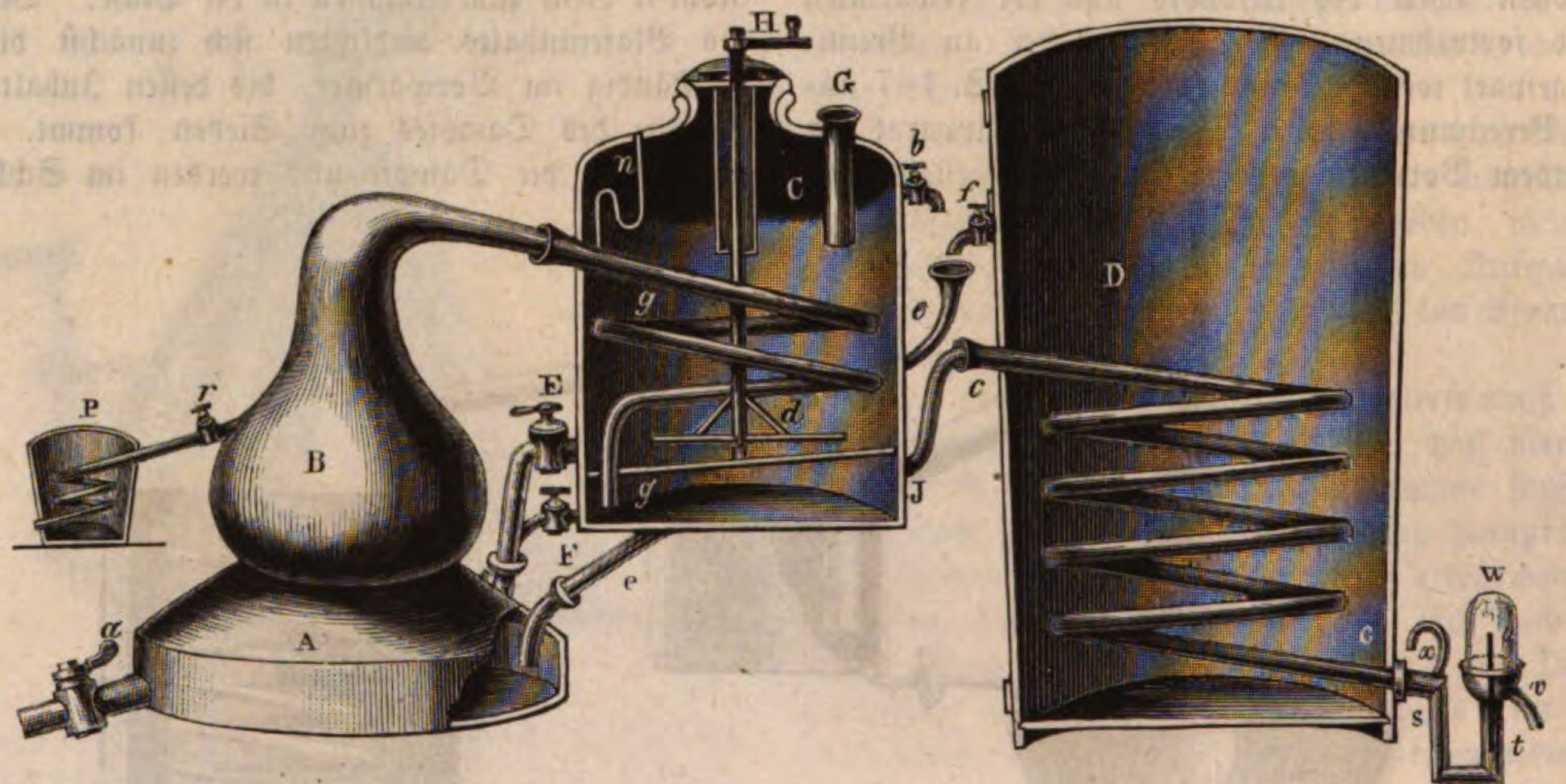
Um eine möglichst gleichförmige Erwärmung der Maische im Vorwärmer herbeizuführen, wird diese häufig durch den Rührapparat *d*, welcher durch eine an seiner Achse befindliche Kurbel *H* gedreht werden kann, bewegt. Die Achse des Rührwerks geht durch eine im Deckel des Vorwärmers befestigte weite Röhre und kann darin durch eine Stopfbüchse befestigt sein; dieses ist jedoch nicht einmal erforderlich, da dieses Rohr so lang ist, daß es von der im Vorwärmer befindlichen Flüssigkeit abgesperrt wird.

In dem Maße, wie die Destillation fortschreitet, sammelt sich in dem Rectificator mehr und mehr Flüssigkeit, bis diese die Mündung des Rohres *g* absperrt. Die von der wärmer werdenden Maische nicht mehr condensirten Dämpfe durchströmen nun den im Rectificator angesammelten Lutter, erhitzen ihn zum Sieden, wobei

sein Alkoholgehalt wieder Dampfform annimmt, und entweichen dann mit dem im Rectificator gebildeten Dampf durch das Rohr J und werden in dem im Kühlfaß D liegenden Schlangenrohr cc vollständig verdichtet.

Am Ende des Schlangenrohrs ist ein Abflußapparat angebracht, der dem oben S. 241 beschriebenen ähnlich ist. Er besteht aus der zweimal rechtwinklig gebogenen Röhre st, die sich mit der abdestillirten Flüssigkeit füllt. t erweitert sich oben zu einer Schale, die durch die Glas-

Fig. 50.



glocke w bedeckt ist und aus welcher das Destillat bei v abfließt. In der Schale und dem Rohre t schwimmt ein Alkoholometer, dessen Stand durch die Glocke zu beobachten ist und der die Stärke des Destillats nachweist. Das gebogene Rohr x giebt den Gasen und der Luft einen Ausweg.

Sobald das Alkoholometer bei W nicht mehr den gewünschten Alkoholgehalt im Destillat nachweist, öffnet man den Probehahn r, der im Helme angebracht ist, und läßt die Dämpfe durch den kleinen Kühlapparat p strömen. Ist die hier verdichtete Flüssigkeit reines Wasser, was man mittelst des Alkoholometers oder der Balling'schen Lutterwage (S. 181) erkennt, so öffnet man den Hahn a und läßt die Schlempe aus der Blase abfließen. Dabei kommt ein anderer Theil des Apparates in Wirksamkeit, nämlich das im Vorwärmer befindliche und auf dem oberen Theile der Röhre g angebrachte Sicherheitsrohr n, welches durch den Deckel des Vorwärmers hindurchgeht und oben offen ist. Die untere Biegung dieses Rohrs ist mit Wasser gefüllt, so daß während der Destillation keine Dämpfe dadurch aus dem Schlangenrohr entweichen können. Läßt man nun die Schlempe durch den Hahn a abfließen, so drückt die Luft die geringe Menge von Wasser, welche das Rohr n sperrte, in die Schlangenröhre und hat dann freien Zutritt zu dem Apparate. Wäre dieses Sicherheitsrohr nicht vorhanden und der Probehahn r geschlossen, so könnte die Schlempe nicht anders abfließen, als indem sie das im Rectificator gesammelte Phlegma durch das Rohr g aufsaugte, erst dann könnte durch x die Luft eintreten.

Nach dem Abfluß der Schlempe öffnet man den Hahn f und läßt aus dem oberen Theile des Kühlfasses durch das Rohr ee heißes Wasser in die Blase treten, um diese zu reinigen. Ist auch das Spülwasser durch a abgelassen, so öffnet man die Hähne E und F, um die heiße Maische aus dem Vorwärmer und das Phlegma aus dem Rectificator in die Blase zu schaffen, und füllt darauf nach dem Verschluß der Hähne den Vorwärmer wieder durch das Rohr G mit Maische, worauf die Operation von Neuem beginnt.

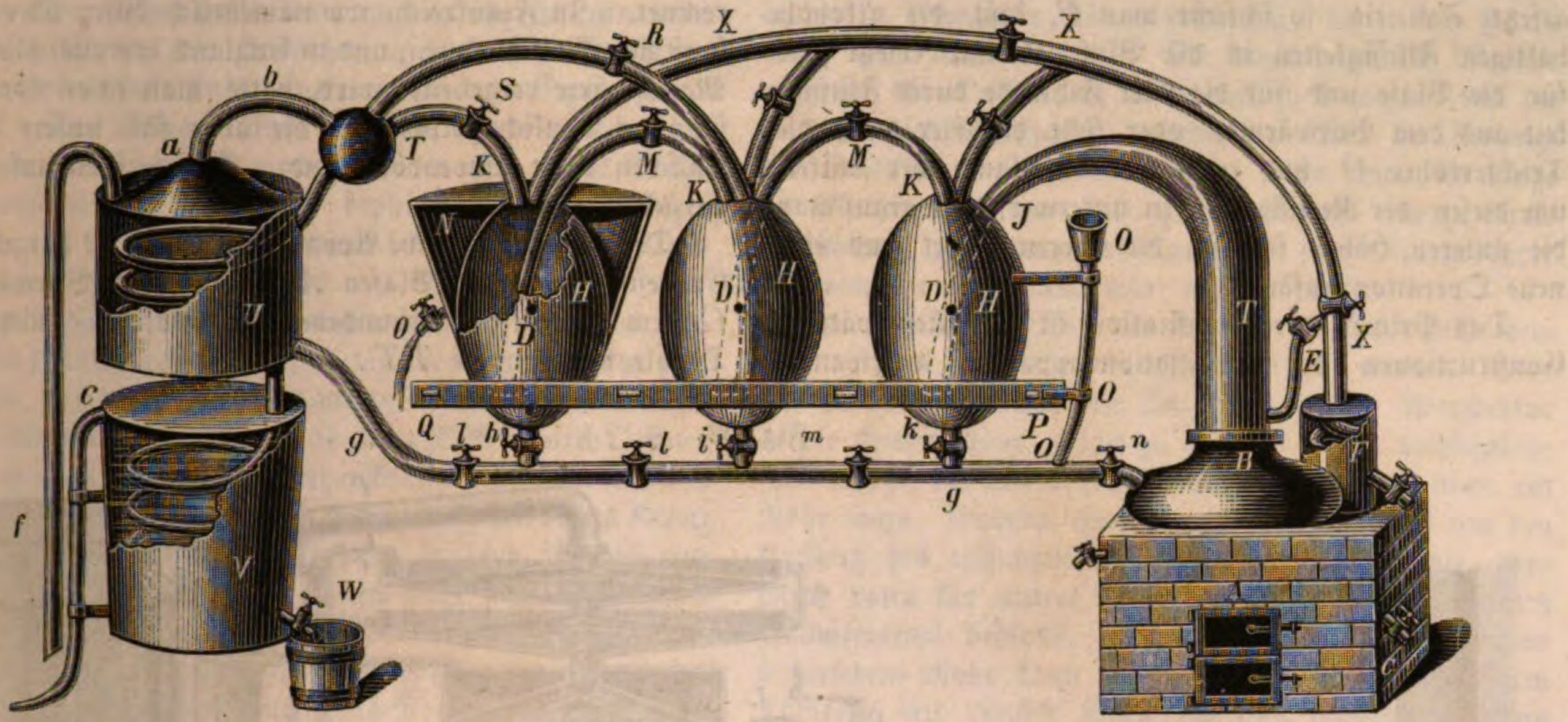
Das hier gezeichnete Kühlfaß D hat die oben erwähnte Einrichtung. Da es an Kühlwasser fehlt, liegt die Schlange cc in der unteren Hälfte des Kühlfasses, also immer in verhältnißmäßig kaltem Wasser, während das heiße Wasser sich in dem oberen Raume sammelt.

Der älteste Apparat mit Rectificator und Vorwärmer ist wohl der von Adam, welcher im Jahre 1801 erfunden wurde. Er unterscheidet sich wesentlich von dem Dorn'schen Apparat dadurch, daß die Dämpfe aus der Blase zunächst mehrere mit Flüssigkeit gefüllte Gefäße durchstreichen und dann erst, nachdem sie dadurch schon eine mehrfach wiederholte Rectification erlitten haben, in den Vorwärmer gelangen. Wegen der vielen dabei erforderlich werdenden Röhrenleitungen ist dieser Apparat nicht für Maischdestillationen, sondern nur für Maischwürze und namentlich zum Abtreiben des Weins geeignet.

Fig. 51 ist eine Zeichnung des Adam'schen Apparates. B ist die durch den Ofen A geheizte Blase; der Helm J leitet die Dämpfe nach einander in drei Rectificatoren HHH, die nach ihrer Gestalt vom Erfinder Eier genannt wurden; der Schnabel des Helms ist so weit verlängert, daß er in dem ersten Gefäß fast bis auf den Boden reicht, wo er in Form einer Brause endigt. Der erste Rectificator ist mit dem zweiten und dieser mit dem dritten durch die Röhren KM verbunden, die von dem oberen Theile des einen ausgehen, am Boden des folgenden enden und dort eine ähnliche Mündung wie J haben. Die Rectificatoren oder Eier ruhen auf dem Rahmenwerk QP. DDD sind Hähne, aus

denen die Flüssigkeit ausfließen kann, sobald die Eier mehr als halb voll sind. Das letzte Gefäß, in unserer Zeichnung das dritte, ist mit einer Hülse *N* umgeben, die an seinem oberen Theile angelöthet ist, und mit Wasser gefüllt wird, um zugleich eine Dephlegmation zu bewirken; das heiße Wasser fließt durch den Hahn *O* ab. Die mit Hähnen versehenen Röhren *SR* verbinden das zweite und dritte Ei mit dem kugelförmigen Gefäß *T*,

Fig. 51.



welches selbst mit dem Schlangenrohre des Vorwärmers *U* communicirt. Das Faß *V* enthält ein zweites Kühlrohr, welches nur eine Fortsetzung des ersten ist; das Faß wird durch eine Röhre am unteren Ende, die in unserer Figur nicht sichtbar ist, mit Wasser versorgt, das heiße Wasser fließt durch die Röhre *c* ab. Vom oberen Theile des Vorwärmers *U* führt die gebogene Röhre *ab* nach dem kugelförmigen Gefäße *T*, um die im Vorwärmer sich bildenden Alkoholdämpfe in das Kühlrohr zu leiten. Die Röhre *ggg* geht von *U* nach der Blase und nach den Eiern *HHH* und communicirt mit letzteren mittelst der Hähne *hik*; die Hähne *llmn* in der Röhre *ggg* dienen dazu, die einzelnen Gefäße beliebig absperren zu können. Die mit einem Hahn versehene Röhre im oberen Theile der Blase wird beim Füllen geöffnet, und dient zur Regulirung des Flüssigkeitsstandes in der Blase. Die Schlempe, bei der Weindestillation von den Franzosen Vinasse genannt, fließt durch das Rohr *C* ab. Die Röhre *XXX* und ihre Zweigröhren verbinden die Eier und den Helm der Blase mit einem kleinen Schlangenrohre, welches in dem Gefäße *F* befindlich ist. *OO* ist eine Trichterröhre, durch welche der Apparat mit Lutter gefüllt wird, sie ist an dem ersten Ei *H* und dem Rahmen *QP* durch eiserne Klammern befestigt.

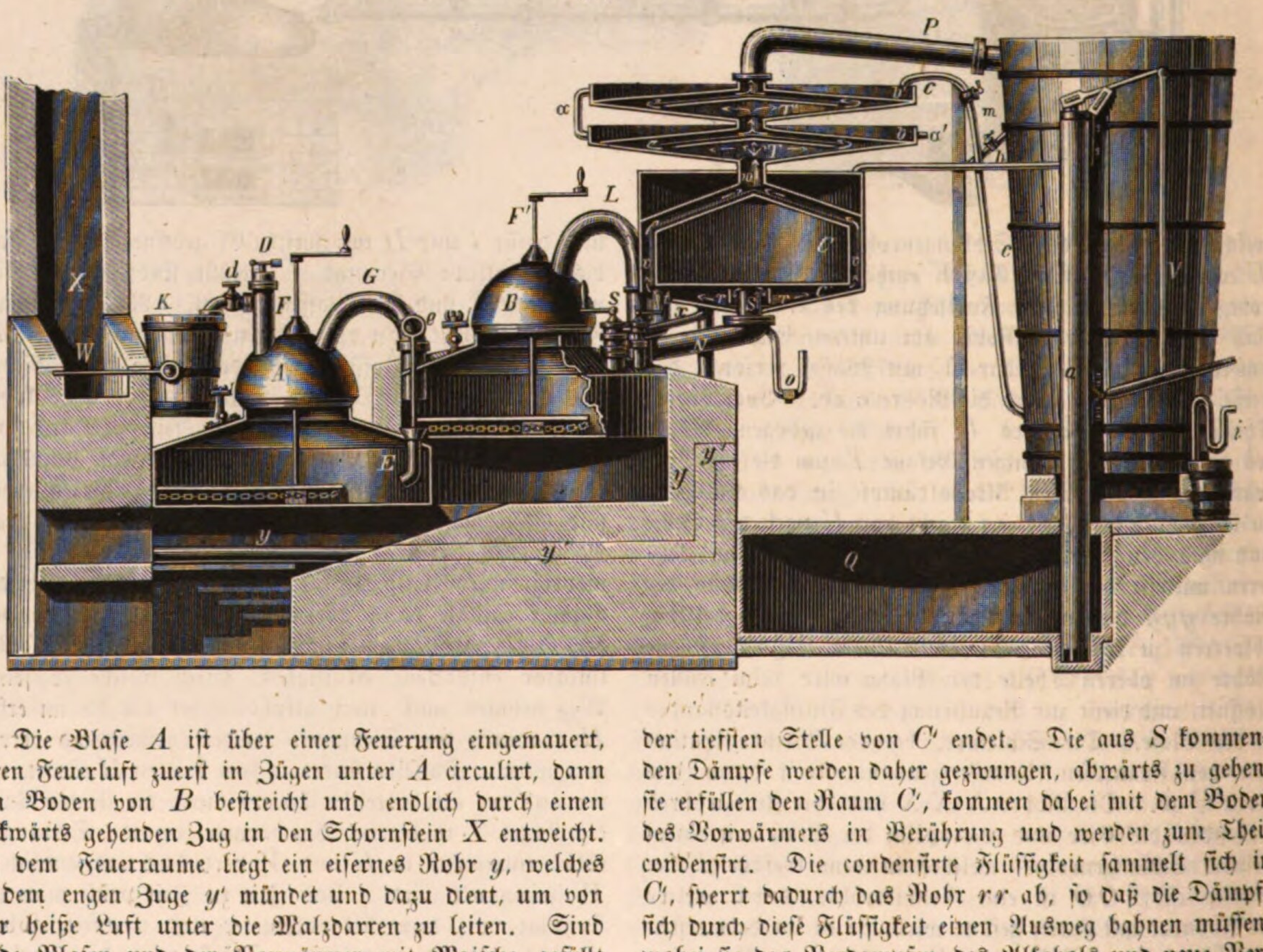
Die Operationen werden angefangen, indem man die Hähne *llmn* und den Hahn am oberen Rande der Blase öffnet, während *hik* geschlossen bleiben; darauf wird der Vorwärmer *U* mittelst einer Druckpumpe durch die Röhre *f* mit der zu destillirenden Flüssigkeit gefüllt, die durch *gg* in die Blase *B* fließt. Sobald die Flüssigkeit aus dem Abflußrohre auszuströmen beginnt, schließt man den Hahn *n* und öffnet *k* und *D*; dadurch wird die Communication mit der Blase abgeschnitten und dafür mit dem ersten Ei hergestellt. Bald wird auch dieses bis *D* gefüllt sein, dann wird *k*, *m* und *D* geschlossen und dafür *i* und *D* im zweiten Ei geöffnet, und so fort, bis sämmtliche Eier und *U* gefüllt sind; darauf läßt man in *N* und *V* Wasser fließen. Nach beendigter Füllung schließt man die unteren Hähne, öffnet *MMS* und bringt die Flüssigkeit in der Blase zum Sieden. Der erste Theil der Dämpfe ist am reichsten an Alkohol, dieser wird in dem ersten Ei bei seinem Durchgange durch die Flüssigkeit verdichtet. Die darin befindliche Flüssigkeit wird durch die Wärme des Dampfes erhitzt und fängt, namentlich da ihr Siedpunkt durch die große Menge des darin condensirten Alkohols bedeutend erniedrigt wird, bald an zu kochen. Der dabei gebildete Dampf enthält dann aber weniger Wasser, als der aus der Blase aufsteigende, und macht die im zweiten Rectificator enthaltene Flüssigkeit, durch welche er seinen Weg nehmen muß, noch alkoholreicher als die im ersten *H*, wodurch der Siedpunkt wieder entsprechend verringert wird. Dasselbe findet in dem dritten *H* Statt, von wo aus der alkoholreiche Dampf durch die Röhre *S* und die Kugel *T* in die im Vorwärmer liegende Schlangenröhre entweicht, in *U* und *V* verdichtet und endlich in *W* gesammelt wird. Von Zeit zu Zeit prüft man das Destillat mit dem Alkoholometer und wechselt, sobald es nicht mehr die gewünschte Stärke zeigt, die Vorlage, und fängt den Nachlauf besonders auf. Von dem Alkoholgehalt der Dämpfe, welche aus der Blase oder irgend einem der Eier entweichen, kann man sich mittelst der Röhre *XX* überzeugen; diese steht mit der Blase und sämmtlichen Eiern in Verbindung und mündet in dem kleinen Schlangenrohre *F* neben der Blase; wenn man dann die entsprechenden Hähne öffnet oder schließt, so kann man augenblicklich eine Probe des Dampfes aus einem beliebigen Gefäße verdichten und auf seinen Alkoholgehalt prüfen. Sobald der Inhalt der Blase erschöpft ist, unterbricht man die Operation, indem man das Feuer entfernt und die Schlempe durch den Hahn

C abfließen läßt; dann untersucht man die Flüssigkeit im ersten *H*, ist diese frei von Alkohol, so läßt man sie denselben Weg nehmen, wie die Schlempe aus der Blase, indem man *n* und *k* öffnet, und prüft dann die Flüssigkeit im zweiten *H*, ist diese ebenfalls frei von Alkohol, so fließt auch sie durch *C* ab. Tritt aber der entgegengesetzte Fall ein, so schließt man *C*, läßt die alkoholhaltigen Flüssigkeiten in die Blase ab und ersetzt das für die Blase und für die Eier Fehlende durch Flüssigkeit aus dem Vorwärmer, oder füllt die Eier durch die Trichterröhre *O* und *ggg* mit Nachlauf oder Lutter, um diesen der Rectification zu unterwerfen, worauf man die unteren Hähne schließt, die oberen öffnet und eine neue Operation anfängt.

Das Princip der Rectification ist bei allen späteren Constructionen der Destillationsapparate angewandt. Die nächste wesentliche Verbesserung wurde dadurch erreicht, daß man noch die Dephlegmation zu Hülfe nahm, um dadurch eine Verstärkung des Destillats zu erzielen. In Deutschland wurden die rectificirenden und dephlegmirenden Apparate von Pistorius eingeführt und für die Verarbeitung von Korn- und Kartoffelmaischen berechnet. In Frankreich, wo namentlich Wein oder doch sonst nur Maischwürzen, und in England, wo ausschließlich Maischwürze verarbeitet wird, hatte man schon vor Pistorius ähnliche Apparate, die aber für unsere Dickmaischen nicht anwendbar sind. Wir werden auf diese zurückkommen.

Der Pistorius'sche Apparat ist in Fig. 52 dargestellt. Er besteht aus zwei Blasen *A* und *B*, dem Vorwärmer *C*, dem mit diesem verbundenen Rectificator *C'* und dem Dephlegmirapparate *TT'*.

Fig. 52.



Die Blase *A* ist über einer Feuerung eingemauert, deren Feuerluft zuerst in Zügen unter *A* circulirt, dann den Boden von *B* bestreicht und endlich durch einen rückwärts gehenden Zug in den Schornstein *X* entweicht. In dem Feuerraume liegt ein eisernes Rohr *y*, welches in dem engen Zuge *y'* mündet und dazu dient, um von hier heiße Luft unter die Malzdarren zu leiten. Sind beide Blasen und der Vorwärmer mit Maische gefüllt und die Flüssigkeit in *A* zum Sieden erhitzt, so treten die Dämpfe von *A* durch das Helmrohr *G* in die schon fast siedend heiße Maische in *B*, bringen diese auch völlig ins Kochen und führen die alkoholischen Dämpfe durch das Helmrohr *L* zunächst in das Rohr *N*, welches mit seinem unteren offenen Ende fast auf dem Boden der Blase *B*, mit seinem oberen Ende in dem Rohrstutzen *S* endet. Damit treten die Dämpfe in den Rectificator *C'*, gewöhnlich Lutterkasten, Lutterbehälter genannt, der einen Theil des Vorwärmers *C* bildet. An dem Boden des Vorwärmers ist ein unten offener Cylinder *rr* befestigt, der über den Rohrstutzen *S* greift und fast an der tiefsten Stelle von *C'* endet. Die aus *S* kommenden Dämpfe werden daher gezwungen, abwärts zu gehen, sie erfüllen den Raum *C'*, kommen dabei mit dem Boden des Vorwärmers in Berührung und werden zum Theil condensirt. Die condensirte Flüssigkeit sammelt sich in *C'*, sperrt dadurch das Rohr *rr* ab, so daß die Dämpfe sich durch diese Flüssigkeit einen Ausweg bahnen müssen, wobei sie das Verdampfen des Alkohols und neue Verdichtung von Wasser herbeiführen.

Die im Rectificator nicht verdichteten Dämpfe entweichen in der Richtung der Pfeile durch die beiden Röhren *v*, welche durch den Vorwärmer hindurchgehen, und vereinigen sich im oberen Theile des Vorwärmers wieder in dem Rohre *w*. Beim Durchgang durch die beiden Röhren *v* werden die Dämpfe wieder abgekühlt, infolge dessen eine neue Menge condensirte Flüssigkeit sich in *C'* ansammelt. Sobald die Flüssigkeit hier das durch die punktirte Linie angedeutete Niveau erreicht hat, wird sie in den weiten Rohrstutzen *S* treten und von dort durch *N* in die Blase *B* zurückfließen.

Bei w treten die Dämpfe in den ersten der beiden Dephlegmatoren, denen von Pistorius die charakteristische beckenförmige Gestalt gegeben wurde. Die Pistorius'schen Becken haben die Form von Linsen, sie sind inwendig hohl und durch einen in ihrem Innern befindlichen sehr stumpfen Kegel so getheilt, daß die Dämpfe sich an ihrer ganzen Oberfläche ausbreiten müssen, ehe sie entweichen können. Durch die Ausdehnung und die Berührung mit der kalten Luft findet wieder bedeutende Condensation Statt. Das Phlegma fließt durch w und v in den Rectificator zurück, die Dämpfe treten in das zweite Becken T', werden hier nochmals dephlegmirt und gelangen endlich als starker Weingeistdampf durch P in den Condensationsapparat.

Im Anfange der Destillation wirkt die äußere Luft hinreichend dephlegmirend. Bald erwärmen sich die Becken aber so weit, daß man sie kaum mit der Hand berühren kann. Dann läßt man zunächst auf das obere Becken durch Oeffnen des Hahns m durch das Rohr c Wasser aus dem Kühlfaß fließen. Beide Becken sind zu dem Zwecke mit einem Kranz von Kupferblech umgeben, welcher so hoch ist, daß eine Wasserschicht von einigen Zollen Höhe auf dem Becken stehen bleibt. Sobald sich das Wasser hier erwärmt hat, läßt man mehr nachfließen. Das warme Wasser des oberen Beckens fließt dann durch das Rohr a auf das untere Becken, nimmt hier noch mehr Wärme auf und fließt endlich durch das Rohr a' in ein Warmwasserreservoir.

Je nach der Temperatur des Wassers kann man die Dephlegmation mehr oder weniger weit treiben. Bei einer großen Oberfläche der Becken und verhältnißmäßig kaltem Wasser wird man einen sehr starken Alkohol gewinnen. Treibt man dabei aber die Kühlung zu weit, so kann auch das ganze Destillat verdichtet werden und immer wieder als Lutter in den Rectificator zurückfließen. Bei kleinen Becken und geringer Abkühlung wird dagegen der Effect der Dephlegmatoren fast ganz verschwinden, da die Alkoholdämpfe dann den Apparat zu rasch durchströmen und ihre Temperatur durch die Becken zu wenig verändert wird. Man regulirt daher den Zufluß des Wassers am zweckmäßigsten nach der Concentration des bei i abfließenden Destillats. Kommt das Destillat bei sonst gutem Gange des Apparats zu langsam, so läßt man weniger Wasser auf die Becken. Kommt dagegen eine große Menge Destillat, aber von geringer Stärke, so ist dies ein Beweis, daß die Dephlegmation ungenügend und ein stärkerer Strom Wasser auf die Becken zu leiten sei. Es ist in der Natur der Sache begründet, daß das obere Becken stets kälter gehalten werden muß als das untere. Wäre das Umgekehrte der Fall (man findet dieses wohl in Brennereien), so würde das obere Becken völlig überflüssig sein, da es den im unteren schon gekühlten Dämpfen wenig Wärme mehr entziehen wird. Die in unserer Zeichnung durch das Rohr a angedeutete Wasserleitung macht eine solche unrichtige Kühlung unmöglich.

Betrachten wir nun die übrigen Theile des Apparats. Die Füllung geschieht immer durch den Vorwärmer, welcher so geräumig ist, daß er gerade die für eine Blase erforderliche Menge Maische faßt. Die gaare Maische befindet sich in dem Reservoir Q und wird durch die Pumpe a und das Rohr h in den Vorwärmer geschafft. Weit zweckmäßiger schafft man aber die Maische durch das oben (S. 237) beschriebene Montejus in ein im oberen Stockwerk des Brennereigebäudes gelegenes Reservoir, aus dem man sie dann durch einfaches Oeffnen eines Hahns in den Vorwärmer fließen lassen kann. Im Innern des Vorwärmers befindet sich eine von außen zu bewegende Rührvorrichtung, die in der Zeichnung nicht angegeben ist. Sie dient dazu, die Maische während der Destillation manchmal zu bewegen, um die Wärme gleichmäßiger zu vertheilen. Nur im Anfange der Destillation sollte man dieses nicht thun, so lange die Maische noch ganz kalt ist, weil sonst eine zu starke Abkühlung der Dämpfe erfolgen und somit ein größerer Aufwand von Brennmaterial nöthig würde.

Im Vorwärmer soll die Maische möglichst heiß werden. Dieses kann aber nur dann erreicht werden, wenn das Rohr v, welches die Dämpfe aus dem Rectificator in die Becken leitet, nicht zu eng ist. Am vollständigsten würde der Vorwärmer wirken, wenn v nicht ein Rohr wäre, sondern ein Kranz, der sich rings um den Umfang des cylindrischen Vorwärmers ausdehnte, wodurch dann der untere Theil des letzteren sich in einem Dampfmantel befände. Durch das mit einem Hahne h versehene Rohr kann man den Vorwärmer aus dem Kühlfasse mit Wasser füllen, welches nach jedesmaliger Unterbrechung der Destillation geschehen sollte, um ihn gründlich zu reinigen.

Aus dem Vorwärmer gelangt die Maische durch das Rohr t, welches durch das Ventil s geschlossen wird, in die Blase B und aus dieser fließt sie durch das Ventil E, welches durch Lüften der Stange e geöffnet wird, in die Blase A. Die im Rectificator sich sammelnde Flüssigkeit wird nach jedesmaliger Destillation durch ein Rohr x und das Ventil y in die zweite Blase abgelassen. Im oberen Theile des Helmes der beiden Blasen sind Stopfbüchsen angebracht, durch welche durch eine Kurbel zu bewegende Stangen FF' gehen. Diese tragen an ihrem unteren Ende eine schlaff ausgespannte eiserne Kette, die auf dem Boden der Blase liegt. Durch Drehung der Kurbel schleift man die Kette über den Boden und verhindert dadurch ein Anbrennen der Treber.

Den beendigten Abtrieb der Blase A erkennt man daran, daß das Alkoholometer im Abflußrohr plötzlich bedeutend steigt, ein Beweis, daß ein weit wasserreicheres Destillat übergeht. Sobald dieses auf einen gewissen Grad gekommen ist, weiß man aus Erfahrung, daß dann die erste Blase nur noch Wasserdämpfe abgiebt. Um sich davon zu überzeugen, ist noch ein kleines Schlangenrohr mit dem Kühler K angebracht, durch welches man die Dämpfe durch Oeffnen des Hahns d ausströmen lassen kann. Sinkt die Lutterwage in dem Destillat bis zum Nullpunkt ein, so ist die Füllung erschöpft und man läßt dann die Schlempe durch ein am Boden der Blase A befindliches Ventil abfließen, nachdem man das Feuer vorher durch Abschluß der Zugöffnung und durch Sperrung des Registers W im Schornstein X gedämpft hat. Beim Abfließen der Schlempe öffnet sich ein in dem Rohre D angebrachtes Luftventil und läßt die äußere Luft in die Blase treten. Sobald die Blase entleert ist, öffnet man das Ventil E, füllt A aus B, die Blase B wieder aus dem Vorwärmer und Rectificator, den

Vorwärmer aus dem Maischreservoir und beginnt die Destillation von Neuem.

Derselbe Apparat wird noch jetzt in den meisten deutschen Brennereien angewandt, mit dem Unterschiede jedoch, daß man die Destillation nicht mehr durch freies Feuer, sondern durch Dampf bewirkt, und daß man die einzelnen Theile, die beiden Blasen und den Vorwärmer nicht mehr neben einander, sondern über einander stellt, wodurch die Herstellungskosten geringer werden. Wir werden später diese neueren Apparate beschreiben.

Ein älterer Apparat von St. Marc, der sich vorzugsweise zur Destillation von Maischwürzen, Wein oder zur Rectification von Lutter eignet, ist in Fig. 53 im Durchschnitt, in Fig. 54 in äußerer Ansicht dargestellt.

Fig. 53.

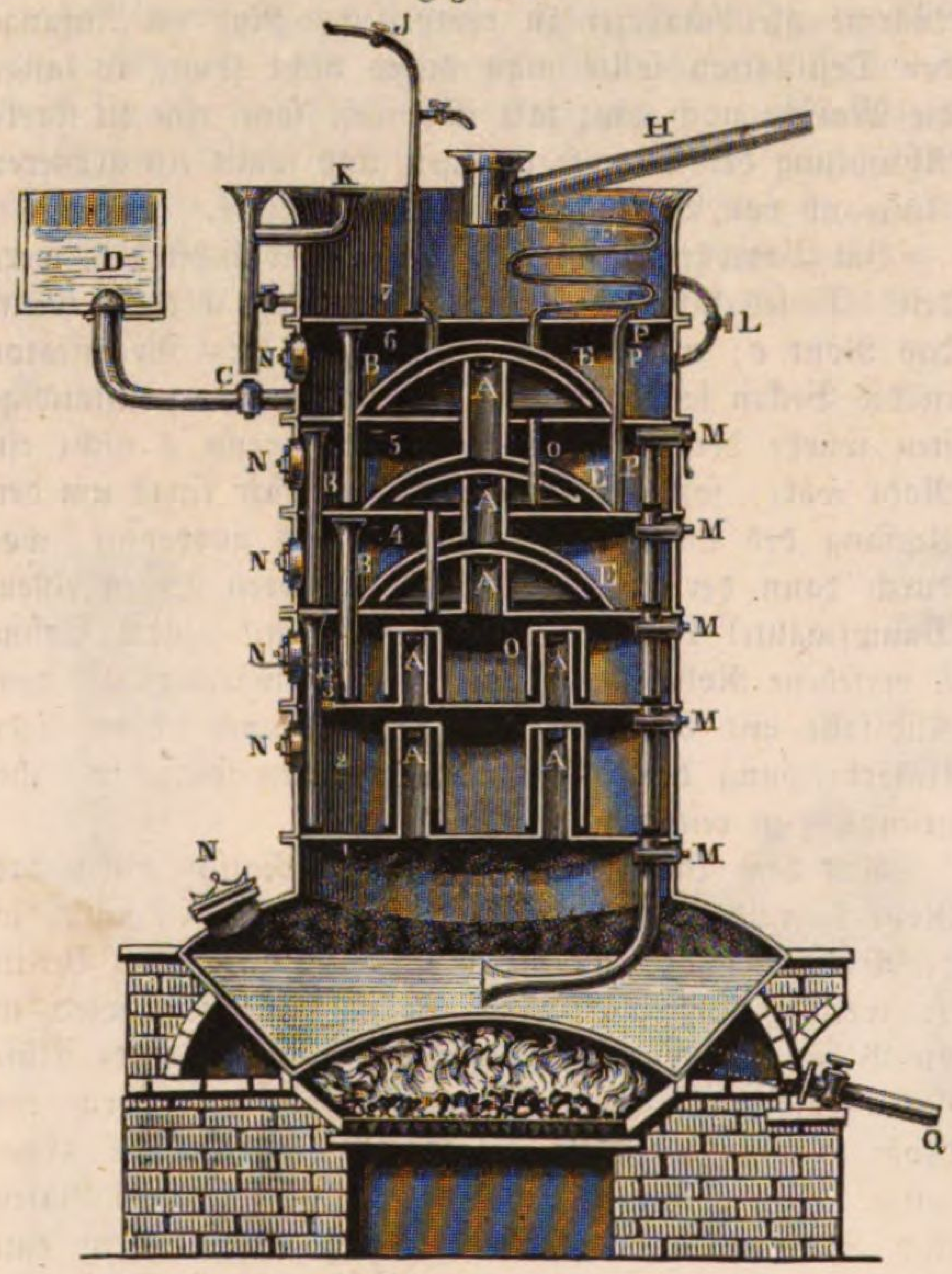
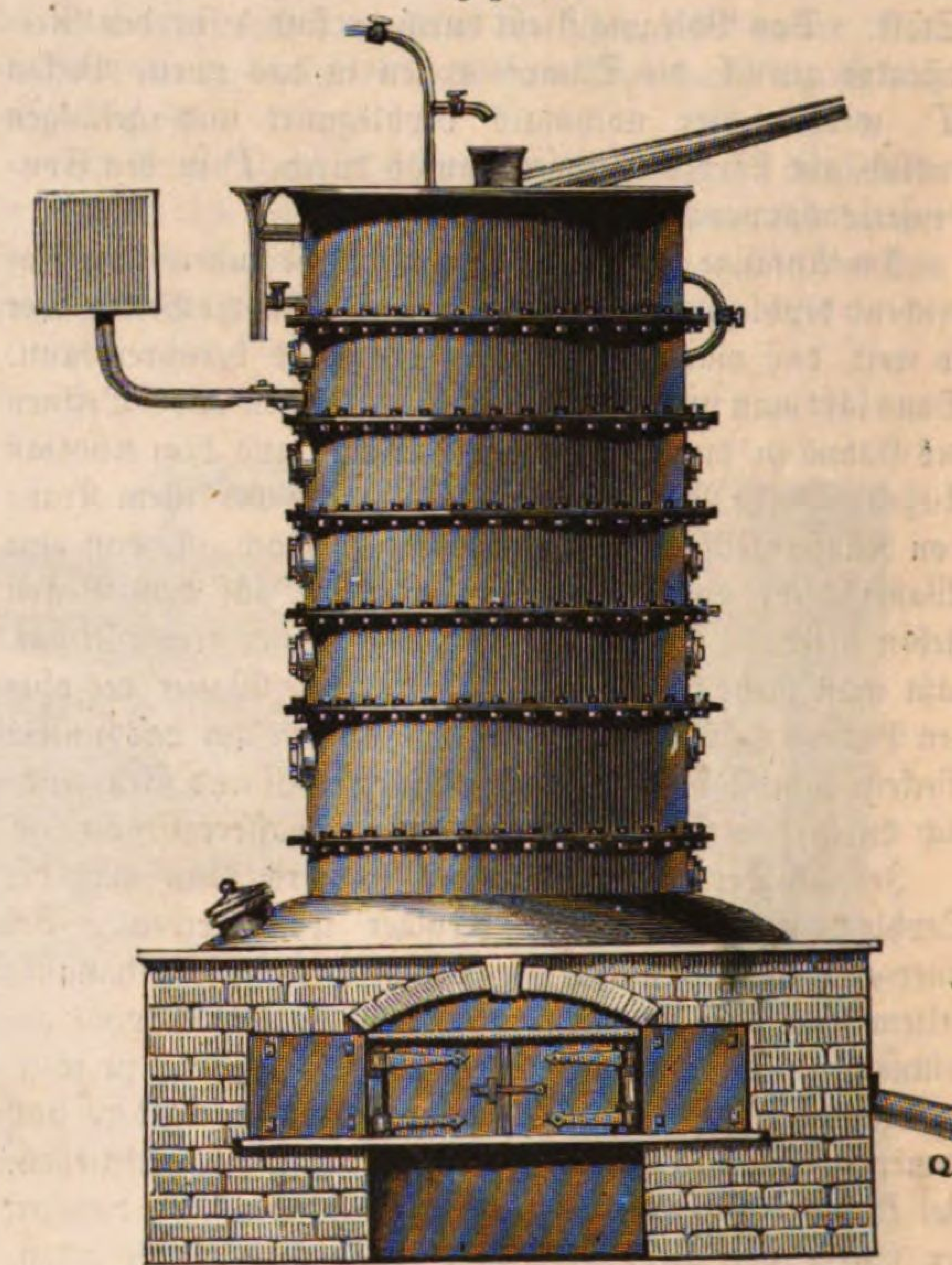


Fig. 54.



Er besteht aus einer Blase, über der sich zwei Rectificatoren, drei dephlegmirende Vorwärmer und ein durch Wasser gekühlter Dephlegmator befinden. Die Blase ist mit 1, die beiden Rectificatoren sind mit 2 und 3, die dephlegmirenden Vorwärmer mit 4, 5, 6, der letzte Dephlegmator mit 7 bezeichnet. Der Apparat wird aus dem Reservoir *D* durch den Hahn *C* gefüllt. Die Flüssigkeit ergießt sich zunächst in den Vorwärmer 6, ist dieser ganz gefüllt, so fließt sie durch das oben und unten offene Rohr *B* nach 5; ist auch dieser gefüllt, so wird sie durch ein ähnliches Rohr *B* nach 4, aus diesem nach 3, von dort nach 2 und endlich in die Blase 1 geleitet. Die Röhre *B*, welche die Flüssigkeit von 2 nach 1 leitet, ist in der Zeichnung nicht sichtbar; außerdem ist in der Zeichnung eine Unrichtigkeit, insofern das Rohr *B* in 3 zu hoch gezeichnet ist, es darf dort nur bis ungefähr zur Mitte, nicht aber bis zur Decke der Abtheilung reichen, weil sonst die Flüssigkeit durch das Rectificationsrohr abfließen würde; dasselbe gilt für das in 2 angebrachte aber nicht sichtbare Rohr.

Die Dämpfe aus der Blase steigen in den beiden Röhren *A*, welche auf der die Blase von dem ersten Rectificator trennenden Platte angebracht sind, in die Höhe. Die Mündung dieser Röhren ist durch eine darüber gestülpte cylindrische Kappe verschlossen. Durch zwei in den Seiten am oberen Theile der inneren Röhre befindliche Oeffnungen dringen die Dämpfe in den Raum zwischen dem Rohr *A* und der Kappe und von dort durch die Flüssigkeit, worin sie so lange verdichtet werden, bis diese zum Sieden gekommen ist. Die in 2 sich bildenden Dämpfe gehen durch ähnliche Rectificationsröhren in die dritte Abtheilung, wo sie zum zweiten Male rectificirt werden und neue Mengen von Alkohol verdampfen. Von hier treten sie durch ein weites Rohr *A* in den Dephlegmator des ersten Vorwärmers 4. Dieser Dephlegmator besteht aus zwei Kugelsegmenten, die concentrisch über einander gelegt sind, und zwar so, daß zwischen beiden ein geringer Zwischenraum bleibt. Das innere dieser Kugelsegmente bildet einen Deckel für das Rohr *A*. Die Dämpfe treten aus letzterem auf dieselbe Weise, wie bei den Rectificatoren durch zwei Oeffnungen im oberen Theile des Rohrs und gelangen so in den durch das runde Becken gebildeten, nicht mit Flüssigkeit gefüllten Raum. Das äußere Kugelsegment, welches mit *E* bezeichnet ist, ist auf dem Boden der Abtheilung befestigt und außen rings mit der im Vorwärmer enthaltenen Flüssigkeit umgeben. Die Dämpfe treten aus dem durch das innere Becken gebildeten Raum, verbreiten sich zwischen

den Wänden des inneren und äußeren Beckens und gelangen dann durch das Rohr A, welches auf dem oberen Theile des äußeren Beckens angebracht ist, in ein ähnliches Becken des zweiten Vorwärmers oder der Abtheilung 5, und von dort in den dritten Dephlegmationsapparat in der Abtheilung 6. Der sich in den Becken verdichtende Lutter fließt durch Tropfröhren O aus dem Dephlegmator in 6 bis auf den Boden des Dephlegmators in 5, aus diesem in den der Abtheilung 4 und von dort in die Rectificationsabtheilung 3.

Vom oberen Theile des obersten Dephlegmators gehen sechs kleine Schlangenröhren F, von denen nur eine gezeichnet ist, sie vereinigen sich in einem Sammler G und von dort entweichen die sehr starken Alkoholdämpfe durch H in den Kühlapparat. Das in der Schlangenröhre F sich condensirende Phlegma fließt in das oberste Becken zurück. Die Abtheilung 7 wird durch das Rohr J, welches bis auf ihren Boden geht, mit Wasser gefüllt. Durch K und N fließt das heiße Wasser ab.

Nachdem die Füllung der untersten Blase abgetrieben ist, was man mittelst eines kleinen Probehahns erkennt, läßt man die Schlempe durch Q so weit abfließen, daß auf dem Boden der Blase nur noch eine dünne Flüssigkeitsschicht bleibt, schließt dann den Hahn Q und öffnet den Hahn C des Reservoirs D, wodurch die in 2 befindliche siedende Flüssigkeit in die Blase getrieben und alle darüber liegenden Abtheilungen nach einander wieder gefüllt werden. Auf diese Weise kommt während des Betriebes, der ein continuirlicher sein kann, nur in den obersten Vorwärmer kalte Flüssigkeit, die sich immer weiter erwärmt und endlich siedend in die Blase kommt. Bei einer Unterbrechung des Betriebes läßt man die Flüssigkeiten durch die am Boden einer jeden Abtheilung angebrachten und durch die Hähne M abgesperrten Röhren jedesmal in die untere Abtheilung fließen. Durch das Rohr L kann man dann Wasser aus 7 nachlassen, um Anfangs damit zu dephlegmiren und endlich den ganzen Apparat zu reinigen. Die Mannlöcher N gestatten den Zutritt zu jeder einzelnen Abtheilung.

Dieser Apparat, obgleich er nicht frei von Mängeln ist, wird noch jetzt in manchen Rectificationsanstalten in England und namentlich in den besseren Rumbrennereien in Westindien angewandt. Man soll damit in einer Stunde bis zu 4000 Quart Destillat gewinnen können.

Fig. 55 und 56 sind eine äußere Ansicht und ein Durchschnitt eines von Allègre construirten Apparats,

Fig. 55.

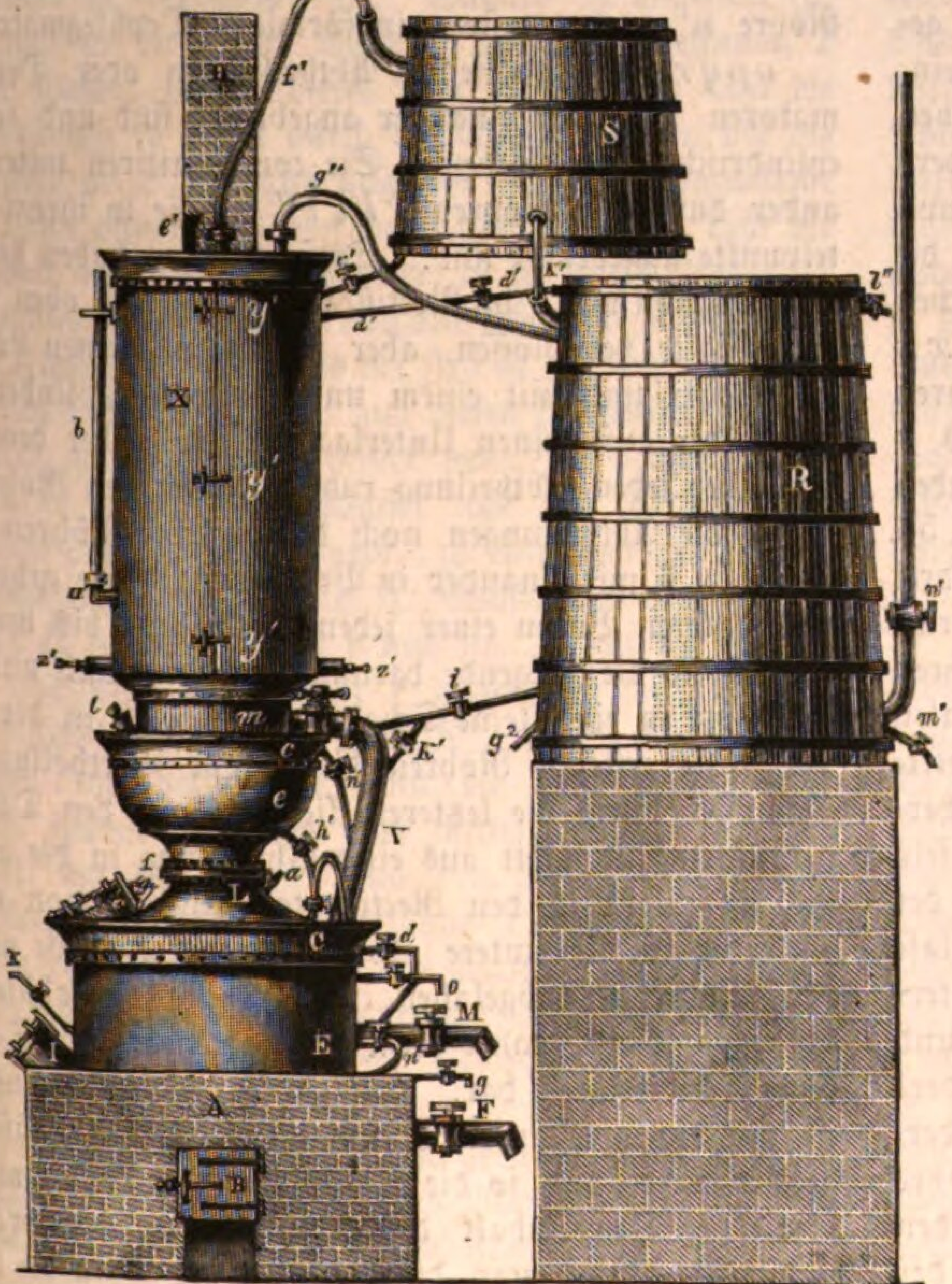
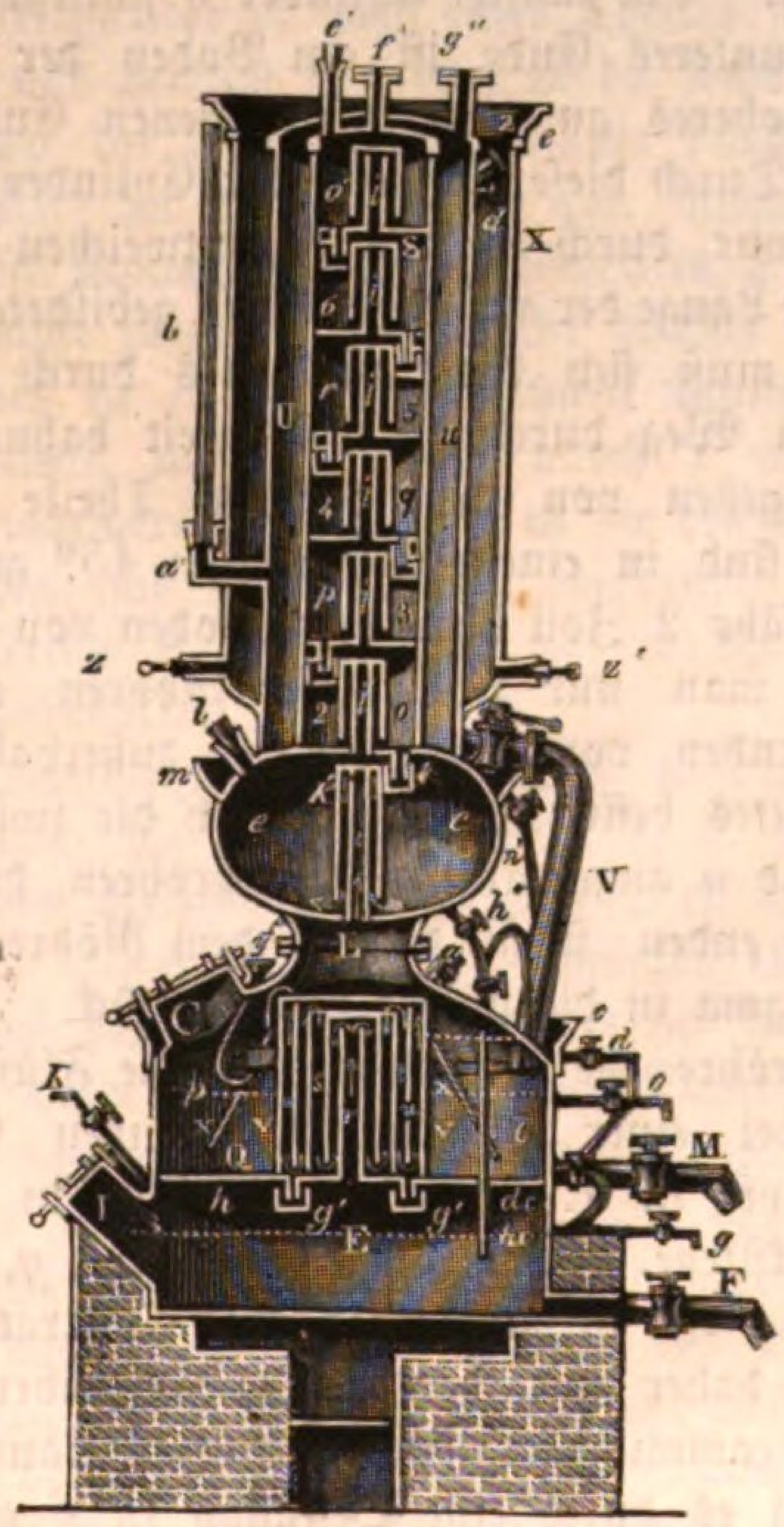


Fig. 56.



der namentlich in Frankreich zur Destillation des Weins oder zur Rectification angewandt wird.

Man unterscheidet darin folgende Theile: A den gemauerten Feuerraum, B die Feuerthür, E die zum Theil mit Mauerwerk umgebene Blase, deren Inhalt durch F entleert werden kann. g ist ein Hahn, durch welchen der richtige Stand der Flüssigkeit regulirt wird; dieser darf nicht höher sein, als die punktirte Linie hh im Durchschnitt anzeigt. J ist eine Oeffnung zum Reinigen der Blase, die während der Destillation durch eine Platte hermetisch verschlossen wird. K ist eine Röhre mit Hahn, die zum Prüfen der Dämpfe dient; sobald

der dort entweichende Dampf nicht mehr brennbar ist, sieht man die Operation als beendigt an. L ist eine zweite über E befindliche Blase, die durch M entleert werden kann. Beide Blasen sind durch die Röhre n verbunden. o dient hier dazu, den Stand der Flüssigkeit zu reguliren; dieser sollte im Laufe der Operation nicht höher, als die punktirte Linie p sein. Beide Blasen werden durch die starke Platte Q von einander geschieden, die in der Mitte eine Oeffnung hat, worauf die Röhre r befestigt ist; diese Röhre ist oben und unten offen, geht durch die Flüssigkeit des Kessels L und reicht bis fast an das obere Ende desselben; s ist ein hohler, oben verschlossener Cylinder, der über die Röhre r geschoben ist. Das offene Ende des Cylinders ist nach unten gerichtet und ruht auf drei kleinen Unterlagen, die in gleicher Entfernung von der Röhre r auf dem Boden des Kessels L angebracht sind und eine Höhe von 1 Zoll haben; t ist ein dritter hohler Cylinder, der an dem Boden von L angelöthet ist, senkrecht in die Höhe geht und ungefähr 1 Zoll hoch über dem verschlossenen Ende von s, welches er umgiebt, mündet; u ist ein vierter Cylinder, der auf dieselbe Weise wie s beschaffen ist, und der alle drei vorhergehenden umgiebt, sein offenes Ende ist nach unten gerichtet und ruht auf ähnlichen Unterlagen wie s, die in gleichen Entfernungen von t angebracht sind; zwischen seinem oberen Ende und der Mündung von t ist ein Platz von $\frac{1}{2}$ Zoll gelassen. Ein fünfter Cylinder v schließt alle übrigen ein; sein unteres Ende ist am Boden der Blase angelöthet, sein oberes an dem verschlossenen Ende des Cylinders u. Durch diese Stellung der Cylinder muß der Dampf, der nur durch r aus L entweichen kann, durch die ganze Länge der auf diese Weise gebildeten Röhre streichen und muß sich dann nochmals durch die Röhren xx seinen Weg durch die Flüssigkeit bahnen. Die Röhren xx gehen von dem obersten Theile des Cylinders v aus, sind in einem Winkel von 45° gebogen und enden ungefähr 2 Zoll über dem Boden von L. In Fig. 56 sieht man nur zwei dieser Röhren, es sind aber drei vorhanden, von denen die eine außerhalb unseres Durchschnittes befindlich ist. Durch die zwischen den Röhren s und u angebrachten Abflußröhren, die in den Schalen $g'g'$ enden, fließt das in dem Röhrensystem verdichtete Phlegma in die untere Blase zurück. y ist eine Sicherheitsröhre, die verhindert, daß die Flüssigkeit des Kessels L bei einer plötzlich eintretenden Condensation der Dämpfe in E durch die Cylinder in die untere Blase zurückfließe. Das obere Ende von y, welches trichterförmig ist, ist außerhalb des Apparats befindlich, und steht daher mit der Luft in Berührung; das andere Ende communicirt mit den inneren Räumen der Cylinder, indem es durch eine Oeffnung in v geht. Die Röhre ist so gebogen, daß sie mit Wasser abgesperrt werden kann und daher nur bei unvorhergesehenen Fällen der Luft einen Einweg oder den Dämpfen einen Ausweg gestattet. a ist ein Hahn in der Blase L, der K in E entspricht und zum Beobachten der Destillation dient. C ist ein Mannloch in der Blase L, welches I in E entspricht und wie dieses zum Reinigen dient. c ist ein Rand, der die Blase schalenförmig umgiebt, er wird während der Destillation mit Wasser gefüllt und wirkt dann als Dephlegmator, indem ein großer Theil der wäßrigen Dämpfe dadurch verdichtet wird, während die Temperatur hoch genug bleibt, um den Alkohol dampfförmig entweichen zu lassen; d ist eine Röhre, durch die man das warme Wasser aus c in die untere Blase ablassen kann. Aus der oberen Blase gelangen die Dämpfe in den Rectificator e, ein vasenförmiges Gefäß, welches mit seinem unteren Rande auf dem Halse von L befestigt ist. Die Röhre h' dient dazu, den Lutter aus dem Rectificator in eine der beiden Blasen abzulassen; sie hat zu dem Zwecke zwei Schenkel, von denen jeder mit einem Hahne versehen ist; der eine Schenkel mündet in der Blase L, der andere in E. In der Mitte des Bodens des Rectificators e ist eine Oeffnung, an deren Rand die verticale Röhre i gelöthet ist. Diese geht bis 1 Zoll unter den oberen Boden der Vase und ist dort durch eine Blechplatte verschlossen; an ihrem oberen Theile sind aber eine Menge kleiner Löcher gebohrt. Ueber diese Röhre ist der unten offene Cylinder K' geschoben, dessen unteres Ende 1 Zoll hoch über dem unteren Boden der Vase ist und dort auf einigen Unterlagen ruht. l ist eine röhrenförmige Oeffnung, durch die der Rectificator e gereinigt wird, sie wird durch einen hölzernen Pflock verschlossen; m ist ein zweiter Ring, der mit kaltem Wasser gefüllt werden kann; dieses fließt, nachdem es etwas warm geworden ist, durch die Röhre n' in den ersten ringförmigen Dephlegmator ab.

$opqrso'$ sind sechs Abtheilungen oder Dephlegmatoren, die über einander angebracht sind und so eine cylindrische Säule bilden. Sie communiciren unter einander durch die Röhren $l'l'l'l'l'$, die in ihrem Mittelpunkte angebracht sind. Diese Röhren haben dieselbe Construction wie i im Rectificator e, sie sind oben durch eine Platte verschlossen, aber mit vielen kleinen Löchern durchbohrt und mit einem unten offenen Cylinder umgeben, der auf kleinen Unterlagen 1 Zoll über dem Boden einer jeden Abtheilung ruht. Außer den Röhren l' stehen die Abtheilungen noch durch kleine Röhren 1, 2, 3, 4, 5, 6 mit einander in Verbindung, diese gehen von dem unteren Boden einer jeden Abtheilung bis ungefähr 2 Zoll in die folgende darunterliegende hinab und tauchen dort in eine kleine Schale, wie in $g'g'$ in der Blase E. Die ersteren Röhren dienen zur Vertheilung des Dampfes, durch die letzteren fließt die aus den Dämpfen verdichtete Flüssigkeit aus einer Abtheilung in die andere, bis sie zuletzt in den Rectificator gelangt, von wo sie entweder in die untere oder in die obere Blase mittelst der Röhre h' abgelassen wird. Das herabfließende Phlegma bietet daher dem aufwärtsgehenden Dampfe keine Schwierigkeit dar. Die ganze Dephlegmationssäule ist mit einem Mantel U umgeben, der mit Flüssigkeit gefüllt wird, und so die Abkühlung des Dephlegmators bewirkt. Den Inhalt des Mantels, die vorgewärmte Flüssigkeit, kann man durch die Röhre V in die Blase L ablassen. a' ist eine rechtwinklig aufwärts gebogene Röhre, die mit dem Innern des Cylinders U in Verbindung steht; in ihr ist eine Glasröhre befestigt, die den Stand der Flüssigkeit im letzteren Gefäße angiebt. Den Cylinder U füllt man durch die Röhre f' aus dem Bottich S, die während der Destillation im Vorwärmer U entwickelten Alkoholdämpfe gehen durch g'' in ein

Schlangenrohr, welches im Bottich R befindlich ist. In U wird die Flüssigkeit so heiß, daß man sie fast kochend durch V in die Kessel ablassen kann. Durch die Röhre e' kann man Wasser in die Dephlegmationssäule leiten, um die einzelnen Abtheilungen $opqrso'$ reinigen zu können. Die Röhre f' leitet den Alkoholdampf aus der Säule in ein Schlangenrohr im Bottich S. Auf einem Absatz des Cylinders U ruht die Trommel X, die durch die Scharniere $y'y'y'$ geöffnet werden kann. Der Raum zwischen dieser Trommel und dem Cylinder U dient als Darre für das gekeimte Getreide bei der Malzbereitung. Der Deckel der Trommel ist siebförmig durchlöchert, um den aus dem feuchten Korne entweichenden Wasserdämpfen einen Ausweg zu lassen. $z'z'$ sind zwei Oeffnungen, durch welche man das gedörrte Malz entfernen kann.

Ausführung der Destillation mit diesem Apparate. Im Anfange schließt man sämmtliche Hähne mit Ausnahme von o und g. Dann füllt man das große Kühlfaß R durch Oeffnen des Hahnes n'' mit Wasser aus einem höher gelegenen Reservoir, und das kleinere Faß S mit der zu destillirenden Flüssigkeit. S enthält ein Schlangenrohr, worin die durch f' entweichenden Dämpfe theilweise condensirt werden, und welches mit dem Hauptkühlrohr in dem großen Fasse R durch die Röhre k' verbunden ist. Sobald R angefüllt ist, läßt man in die untere Blase E durch die Oeffnung I Wasser fließen, bringt dieses zum Sieden und läßt die Wasserdämpfe so lange durch den Apparat gehen, bis die Flüssigkeit in S bis auf ungefähr 40° C. vorgewärmt ist. Dann öffnet man den Hahn der Röhre c', läßt die Flüssigkeit aus dem Vorwärmer S in den Cylinder U der Dephlegmationssäule treten und ersetzt die aus S abgelassene Flüssigkeit. Während der Zeit ist der Apparat durch die Dämpfe und durch das aus diesen condensirte Wasser gründlich gereinigt, man öffnet dann die beiden Hähne der Röhre h', um das Wasser aus den Abtheilungen der Säule und dem Rectificator e zu entfernen; zu gleicher Zeit läßt man durch i und K' Wasser aus dem großen Kühlfaß R in die Schalen c und m, die an der oberen Blase und dem Rectificator e angebracht sind, fließen. Man schließt die Hähne i und K', sobald die Schalen voll sind, und vermindert dann die Hitze so viel als möglich, indem man den Zug mittelst eines Schiebers absperrt, um das Wasser aus den beiden Blasen und dem Rectificator durch die Hähne F, M und h'' ablassen zu können. Während das Wasser ausfließt, öffnet man das Mannloch I und reinigt das Innere der Blase gründlich mit einem Besen, um alle fremden Substanzen daraus zu entfernen.

Eine solche Wasserdestillation ist unumgänglich nothwendig, wenn man einen neuen Apparat hat, um das Innere desselben von Harz und Fetten, die beim Zusammenlöthen der einzelnen Theile gebraucht sind, zu befreien; bei einem regelmäßigen Betriebe ist eine solche Reinigung höchst selten erforderlich, man nimmt sie nur vor, wenn sich in der Dephlegmationssäule oder in den Blasen viele Unreinigkeiten abgelagert haben, oder wenn der Apparat mehrere Tage nicht benutzt gewesen ist, oder endlich nach Reparaturen. Am Ende einer Destillationsperiode, wenn man den Apparat für längere Zeit nicht zu gebrauchen denkt, füllt man ihn gewöhnlich ganz mit Wasser an; bei Wiederaufnahme der Arbeiten läßt man dann das Wasser auf die gewöhnliche Weise ab.

Sobald das heiße Wasser abgeflossen ist, schließt man die Hähne F, M, h'' und läßt so viel Wasser in die untere Blase E treten, bis dieses bei g abfließt, dann schließt man auch diesen Hahn und das Mannloch I und steigert die Hitze, indem man den vorher abgesperrten Zug wieder herstellt. Während der Zeit, welche das Wasser gebraucht, um ins Sieden zu kommen, füllt man die Blase L mit der Flüssigkeit, welche vorher in dem Cylinder U erwärmt wurde, durch die Röhre V, bis diese anfängt, aus der Röhre o überzufließen. Dann schließt man o und V und öffnet c', um das in U Fehlende aus dem Vorwärmer S zu ersetzen; die Glasröhre b zeigt den Stand in U an, so daß keine Gefahr vorhanden ist, diesen Raum zu weit zu füllen.

Das Wasser in E geräth bald ins Sieden; die Dämpfe erwärmen zuerst den unteren Theil der Blase L und entweichen dann durch die Röhre r, circuliren zwischen den verschiedenen Cylindern und gelangen endlich durch die Röhren xxx, nachdem sie durch die Flüssigkeit gegangen sind, in den oberen Theil der Blase L. Im Anfange werden Dämpfe condensirt, die umgebende Flüssigkeit absorbirt ihre Wärme und wird dadurch selbst bald zum Sieden gebracht. Der Dampf geht dann durch i in den Rectificator e, wird eines Theiles seines Phlegmas beraubt und gelangt von dort in die sechs Abtheilungen $opqrso'$ der Dephlegmationssäule durch die Röhren $l'l'l'l'l'$. In diesem Theile des Apparats findet vorzüglich die Concentration des Products Statt; je höher die Dämpfe steigen, um so mehr Wasser wird ihnen entzogen, bis sie endlich den höchsten Punkt der Säule erreicht haben, und von dort durch f in die Schlange des Vorwärmers S und dann in die des Kühlfasses R entweichen, wo sie verdichtet werden. Von dort fließt der fertige Spiritus durch m' in die verschiedenen Vorrathsbehälter.

Das in den verschiedenen Abtheilungen condensirte Phlegma fließt durch die Röhren 6, 5, 4, 3, 2, 1 zurück, bis es in den Rectificator und von dort in die Blase L gelangt. Nach ungefähr 3 Stunden ist die Destillation ziemlich beendet; man überzeugt sich davon, indem man den Hahn a öffnet und dem Dampf ein brennendes Licht nähert, entzündet sich dieser noch, so fährt man mit der Destillation fort, tritt aber das Gegentheil ein, so sieht man sie als beendigt an, unterbricht das Feuer, läßt das Wasser durch Oeffnen des Hahns F aus der unteren Blase abfließen und ersetzt es durch den Inhalt der oberen Blase, worauf diese aus dem Vorwärmer U und dem Rectificator von Neuem gefüllt wird.

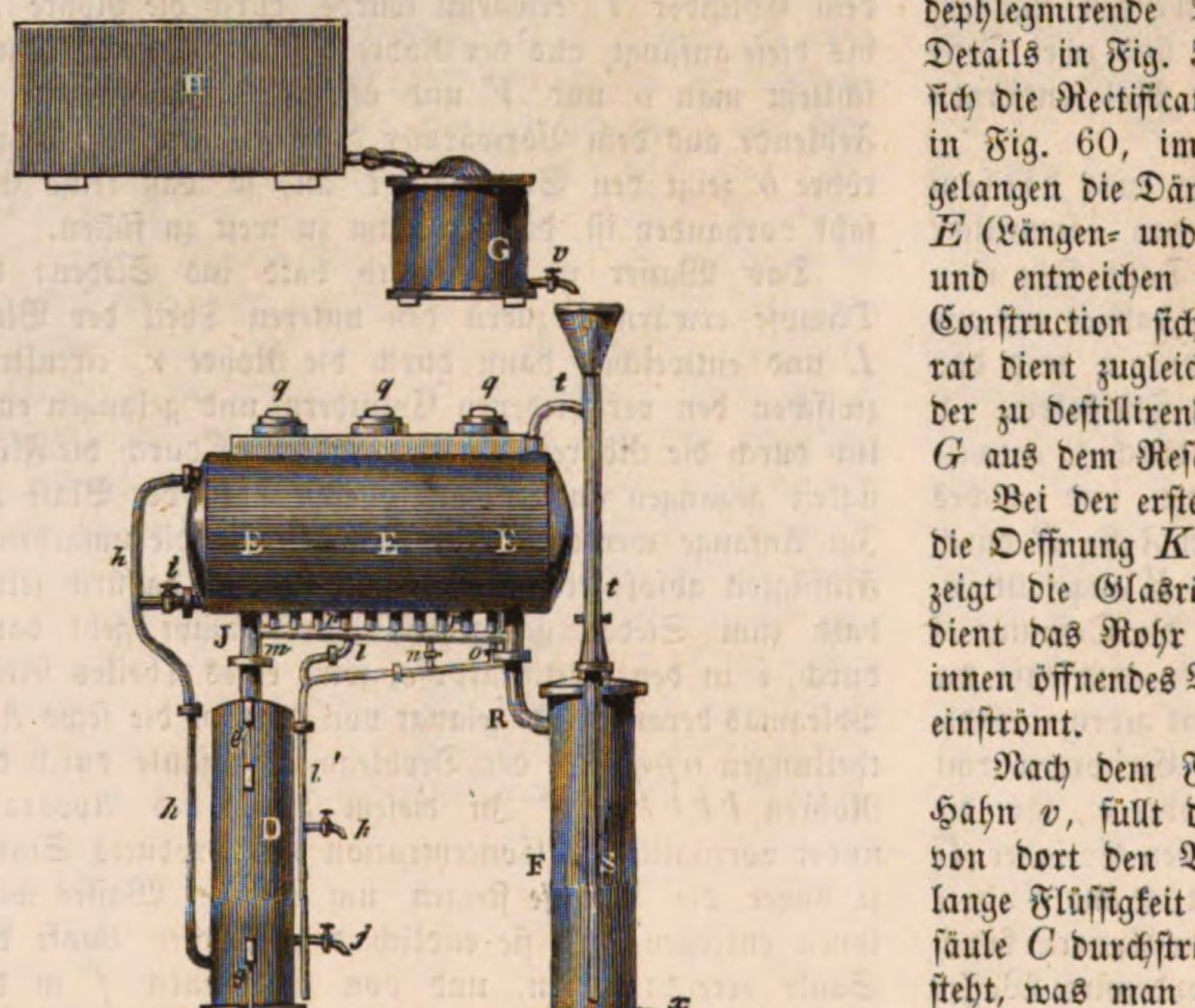
Die erste Füllung erfordert zur Destillation ungefähr drei Stunden, die folgenden lassen sich aber in zwei Stunden beendigen, da alle Theile des Apparats heiß sind und da der Inhalt der unteren Blase siedend heiß ist.

Bei diesem Apparate wird die Concentration des Alkohols fast ganz durch Dephlegmation erreicht. Schon der aus der unteren in die zweite Blase steigende Dampf wird durch das Röhrensystem dephlegmirt; eine Rectification des Phleg-

mas durch die Dämpfe findet dabei nicht Statt, indem dieses sofort in die untere Blase zurückfließt. Eine Rectification durch die Dämpfe erfährt nur das aus den oberen Abtheilungen zurückfließende Phlegma im Rectificator *e*.

Man kann bei diesem Apparate ohne alle weiteren Veränderungen eine Dampfdestillation an Stelle der Erhitzung über freiem Feuer treten lassen, indem man die untere Blase statt mit der zu destillirenden Flüssigkeit mit Wasser füllt. Da der Apparat aber nur zur Destillation von eigentlichen Flüssigkeiten, nicht aber zum Abtreiben dicker Maischen bestimmt ist, so würde wenig Vortheil dadurch erreicht werden.

Fig. 57.



Ein anderer Apparat, der in Frankreich sehr vielfach zur Weindestillation und auch für gegohrene Würzen, namentlich bei der Verarbeitung von Rüben angewandt wird, ist nach der Construction von Cellier Blumenthal und einigen Abänderungen von Derosne in Fig. 57 in äußerer Ansicht und in Fig. 58 bis 64 in Durchschnitten der einzelnen Theile dargestellt.

Er besteht aus zwei Blasen, *A* und *B*, von denen die erstere direct geheizt wird. Die Verbrennungsproducte werden durch Züge unter den Boden der zweiten Blase geleitet, um auch diese zu erwärmen. Außerdem durchströmen die in der ersten Blase gebildeten Dämpfe den Inhalt der zweiten. Ueber der zweiten Blase ist die dephlegmirende Destillationssäule *C* befindlich, deren Details in Fig. 58 gezeichnet sind. Ueber dieser erhebt sich die Rectificationssäule *D*, im vergrößerten Maßstabe in Fig. 60, im Durchschnitt in Fig. 59. Von dort gelangen die Dämpfe in den dephlegmirenden Vorwärmer *E* (Längen- und Querdurchschnitte in Fig. 61, 62, 63) und entweichen endlich in den Kühlapparat *F*, dessen Construction sich aus Fig. 64 ergiebt. Der Kühlapparat dient zugleich als erster Vorwärmer, indem er mit der zu destillirenden Flüssigkeit durch den Abflußregulator *G* aus dem Reservoir *H* gefüllt wird.

Bei der ersten Operation wird die Blase *A* durch die Oeffnung *K* gefüllt. Das Niveau der Flüssigkeit zeigt die Glasröhre *b*. Zum Ablassen der Schlempe dient das Rohr und der Hahn *a*; *c* ist ein sich nach innen öffnendes Ventil, durch welches beim Ablassen Luft einströmt.

Nach dem Füllen der ersten Blase öffnet man den Hahn *v*, füllt durch die Röhre *S* den Kühlapparat *F*, von dort den Vorwärmer *E* und läßt dann noch so lange Flüssigkeit nachfließen, bis diese, die Destillationssäule *C* durchströmend, in der Blase *B* einige Zoll hoch steht, was man an dem Stande in dem Rohre *f* erkennt.

Der Inhalt der Blase *A* wird dann zum Sieden gebracht. Die Dämpfe entweichen durch das Rohr *e* und werden dadurch bis fast auf den Boden der Blase *B* geleitet, wo das Rohr *e* in einem Brausenkopf endet. Bald wird die Flüssigkeit auch hier siedend, die Dämpfe gehen in die Destillationssäule *C*, die jedoch vorläufig nur als Dephlegmator wirkt. Diese Säule enthält, wie Fig. 58 zeigt, in ihrem Innern zehn Paar Schalen, die an drei Säulen befestigt sind und an denen jedesmal eine mit der Wölbung aufwärts, die andere abwärts gerichtet ist. Die letzteren haben keinen Boden, so daß die Flüssigkeit von der darüber befindlichen Schale jedesmal auf die nach oben gekehrte Wölbung der zunächst darunter liegenden Schale fällt. Der Zweck dieser Einrichtung ist die möglichste Ausbreitung des herabfließenden Phlegmas und der später darüber fließenden vorgewärmten Flüssigkeit. Ueber der obersten Schale ist ein kleiner Behälter befindlich, in welchem sich die zu destillirende Flüssigkeit sammelt und über dessen Ränder sie sich über die Schalen ergießt. Die Röhre *g* zeigt das Niveau in diesem Behälter.

Aus C gelangen die Dämpfe dann in den Rectificator D, eine Säule, die durch Platten in sechs einzelne Räume getheilt ist. Durch jede der Platten geht ein Rohrstutzen und über diesen greift eine Kappe, wie Fig. 59 zeigt. Jede Abtheilung bildet daher einen besonderen Rectificator, in welchem die Dämpfe sich durch den auf

Fig. 58.

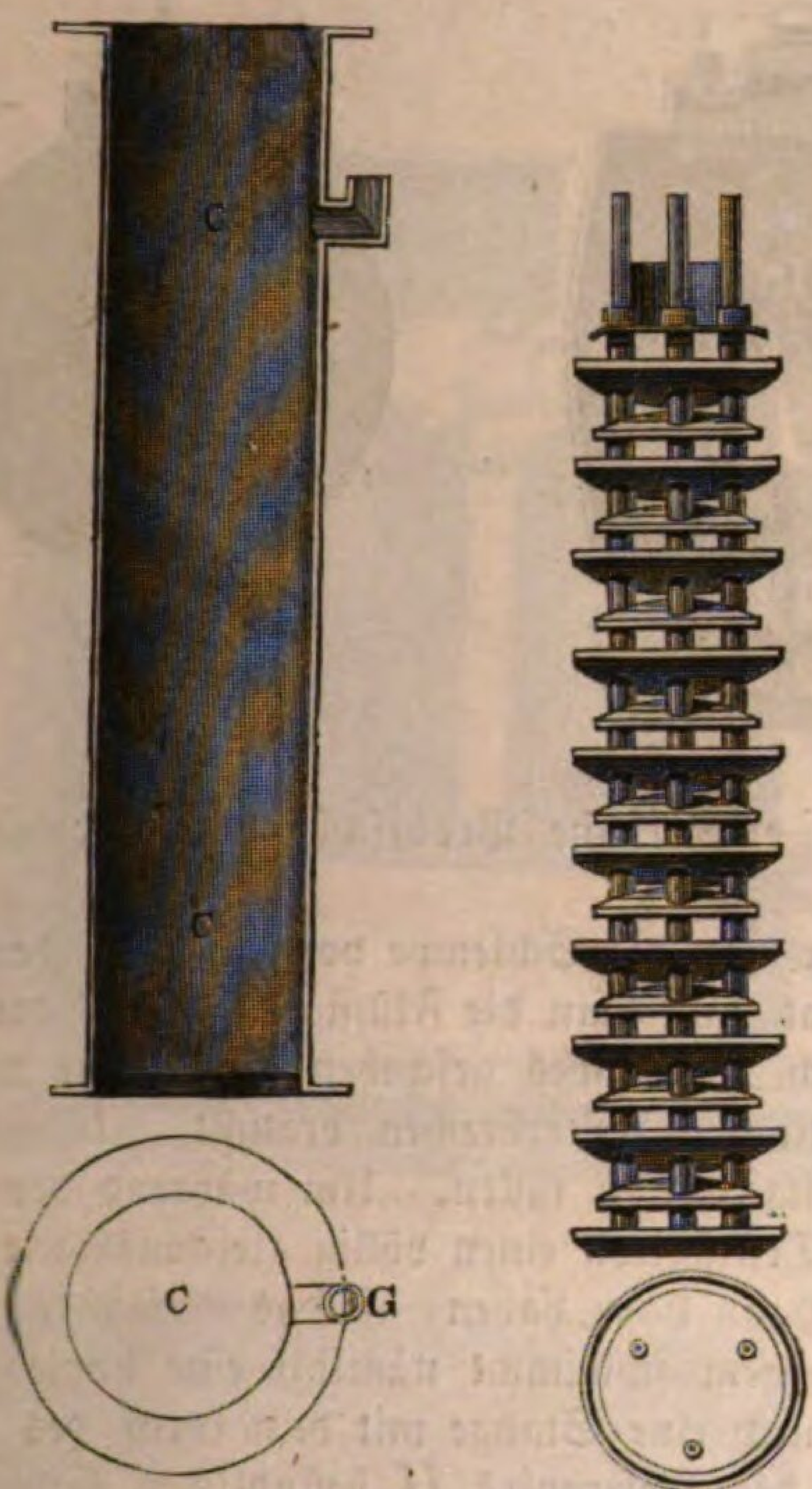


Fig. 59.

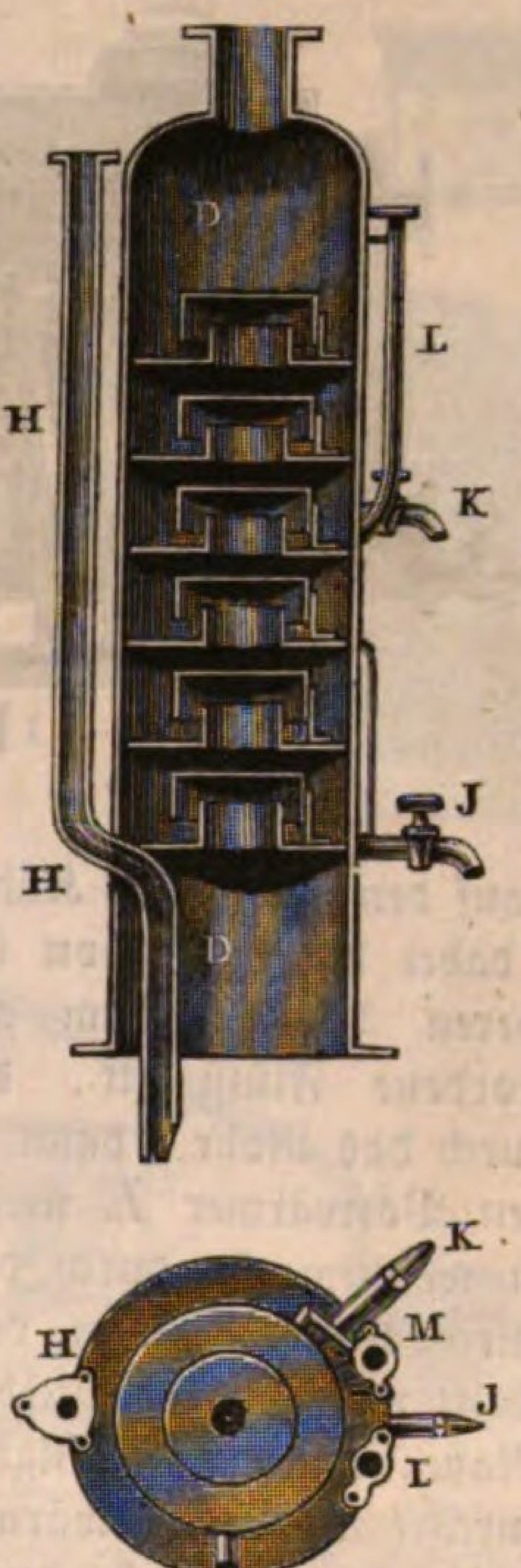
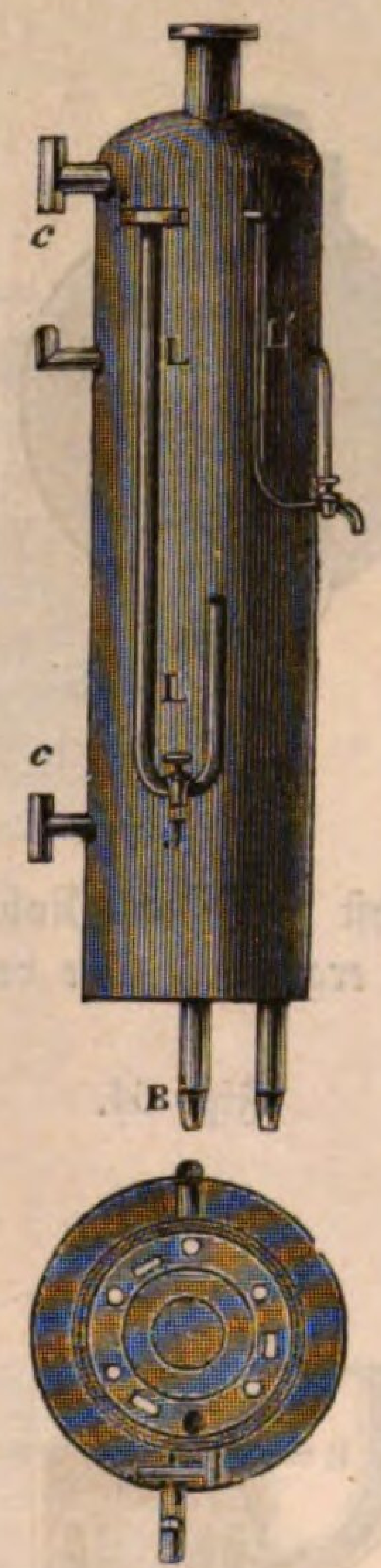


Fig. 60.



jeder Platte sammelnden Lutter Bahn brechen müssen und so diesen rectificiren. Sobald die Flüssigkeit in den Abtheilungen die Höhe des Rohrstutzens erreicht, fließt sie durch diesen in die darunter befindliche Abtheilung und zuletzt aus der untersten in den Behälter der Säule C.

Nach dieser sechsmaligen Rectification gelangen die Dämpfe durch das Rohr I in den Vorwärmer E, wo sie das liegende Schlangenrohr S (Fig. 62) passiren. An der tiefsten Stelle einer jeden Windung des Schlangenrohrs ist ein Rohr p angebracht. Alle diese Röhren p münden in einem etwas geneigt liegenden Rohre, durch welches die verdichtete Flüssigkeit sich in das Rohr R ergießt und in das Schlangenrohr des Kühlfasses geleitet werden kann. Beim Durchgange durch das liegende Schlangenrohr werden die Dämpfe immer mehr entgeistet, in der ersten Windung wird ein wäßriges Phlegma niedergeschlagen, in der zweiten ein alkoholreicheres, in der dritten und den folgenden immer stärkere, bis der Dampf zuletzt auf das Maximum des Alkoholgehalts gekommen ist. Das Schlangenrohr im Vorwärmer hat aber weniger die Bestimmung, die Dämpfe zu verdichten, als sie zu dephlegmiren. Um dieses zu erreichen, sind in dem Rohre, in welchem die einzelnen Röhren p münden, an drei verschiedenen Stellen die Röhren l, n, o angesetzt, durch welche der Lutter in die Rectificationssäule zurückgeleitet wird. Diese Leitung ist in Fig. 58 durch l' angedeutet, deutlicher erkennt man sie aus Fig. 60. Hier ist das Rohr L die Fortsetzung von l in Fig. 57 und 62, L' die Fortsetzung von n und o. L leitet den in den ersten vier Windungen des Schlangenrohrs verdichteten Lutter in die dritte Abtheilung des Rectificators zurück, L' bringt den Lutter aus dem übrigen Theil des Schlangenrohrs in die fünfte Abtheilung des Rectificators. Die Röhren L L' sind unten heberförmig gebogen, sie bleiben dadurch in ihrem unteren Theile stets mit Flüssigkeit gefüllt und verhindern dadurch, daß die Dämpfe aus dem Rectificator durch sie in das Schlangenrohr entweichen, was unfehlbar geschehen würde, wenn die in L und L' befindliche Flüssigkeitssäule nicht dem Dampfdruck im Rectificator das Gleichgewicht hielte. Alle drei Röhren l, n, o sind mit Hähnen versehen. Schließt man den Hahn im Rohre o, so fließt das in den drei letzten Windungen des Schlangenrohrs Verdichtete in den Kühlapparat, ohne von Neuem rectificirt zu werden; schließt man auch n, so nimmt der Lutter, welcher sich in den sechs letzten Windungen niedergeschlagen hat, denselben Weg; wird auch l verschlossen, so hört die dephlegmirende Wirkung des Schlangenrohrs ganz auf und dieses wird dadurch zu einem Theile des Kühlapparats. Man hat es daher durch diese drei Hähne ganz in seiner Gewalt, ein beliebig starkes Destillat zu erzielen.

Alle Dämpfe, die in dem Schlangenrohr nicht verdichtet wurden, gehen durch das Rohr R, welches mit der letzten Windung in Verbindung steht, in den Kühlapparat F, dessen Inneres aus Fig. 64 ersichtlich ist.

Das Destillat fließt durch das Rohr X in ein Abflußrohr, in welchem ein Alkoholometer schwimmt, und aus diesem in die Vorlage.

Ist bei der ersten Destillation der Inhalt des Vorwärmers E genügend warm geworden, so öffnet man den Hahn v, durch welchen die zu destillirende Flüssigkeit sich

Fig. 61.

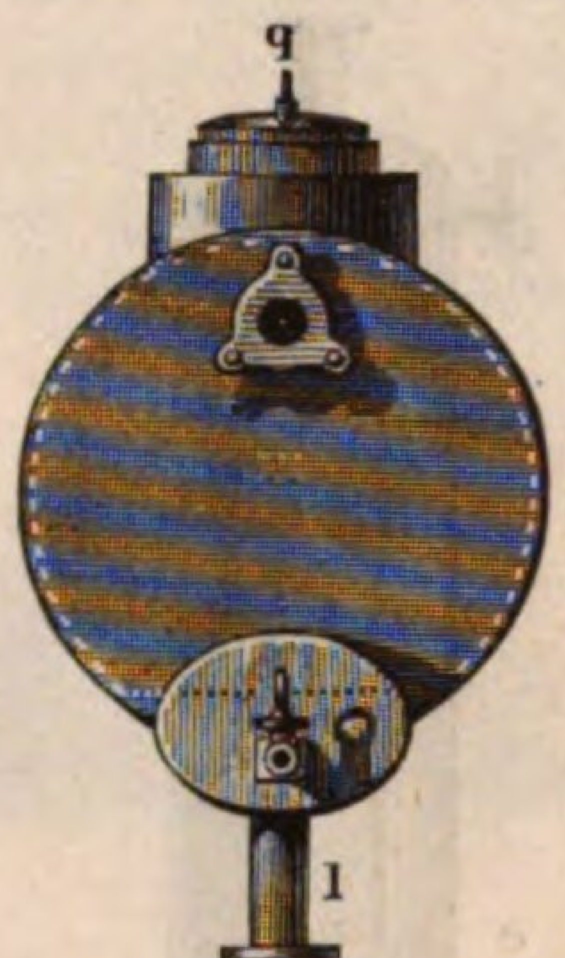


Fig. 62.

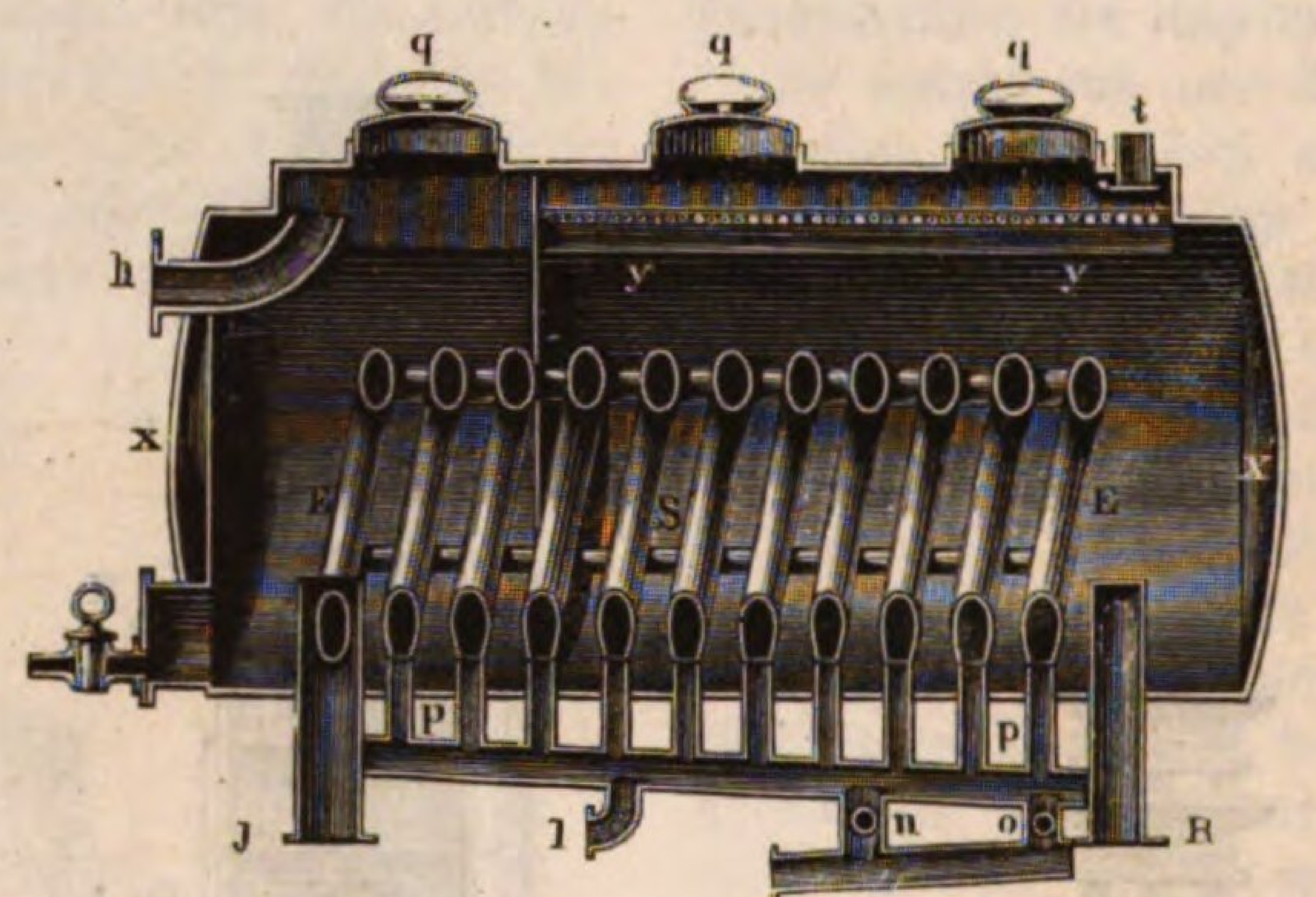
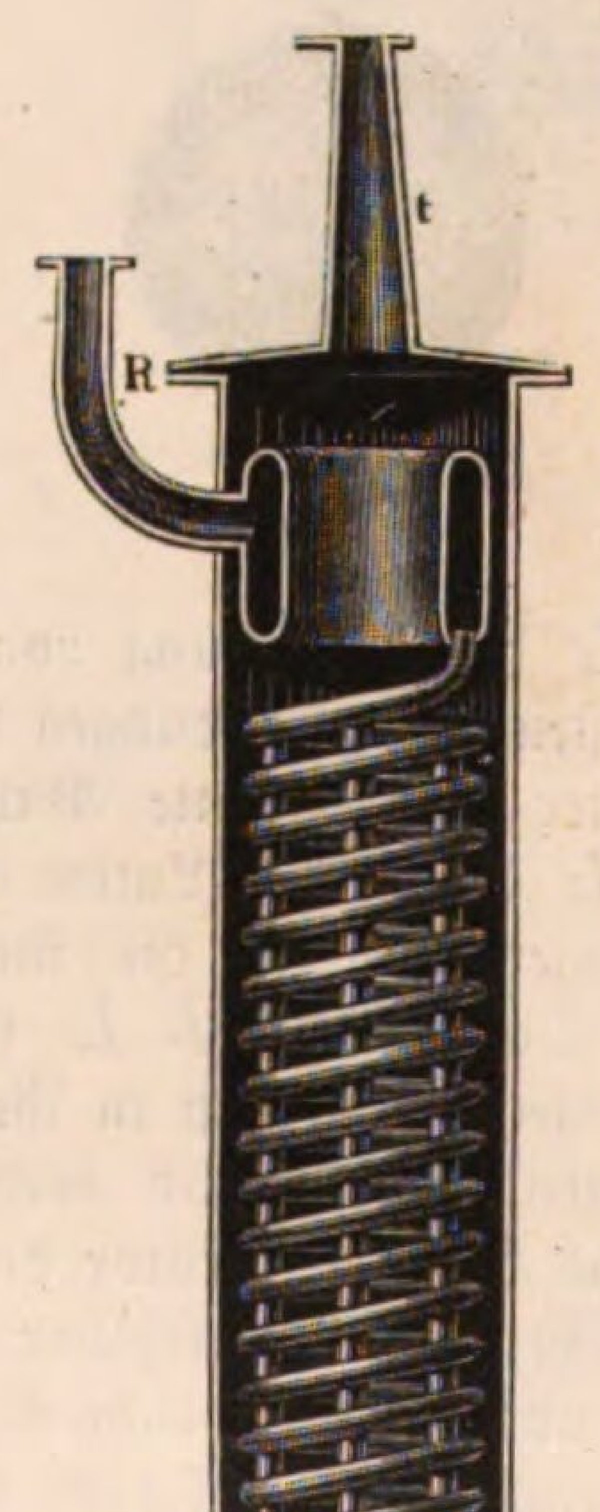


Fig. 63.



zunächst durch das Rohr S bis auf den Boden des Kühlfasses ergießt. Sie verdrängt dabei die hier schon im oberen Theile warm gewordene Flüssigkeit, die durch das Rohr t dann in den Vorwärmer E fließt, in welchem sie durch das durchbohrte Rohr y vertheilt wird. In demselben Maße, wie die Flüssigkeit durch t in den Vorwärmer einströmt, fließt sie durch h ab und ergießt sich in die Destillationssäule C, wo sie auf den Schalen in dünne Schichten vertheilt den aufsteigenden Dämpfen entgegen kommt. Durch die Dämpfe wird die Flüssigkeit erhitzt und giebt den größten Theil ihres Alkohols ab; da die Flüssigkeit aber eine weit niedrigere Temperatur wie die Dämpfe hat, so wirkt sie auf jene zugleich dephlegmirend.

Fig. 64.



Aus der Säule C gelangt die Flüssigkeit, die nun ununterbrochen zufließt, in die Blase B und wird dort durch den aus A einströmenden Dampf destillirt. Durch den Hahn v regulirt man den Zufluß der Flüssigkeit auf solche Weise, daß die Blase B gerade genügend gefüllt ist, wenn der Inhalt der Blase A abgetrieben ist. Zur Prüfung der Dämpfe befindet sich auf A ein Hahn, durch den man die Dämpfe entweder versuchen kann zu entzünden, oder durch den man sie in eine kleine Probeschlange austreten lassen kann.

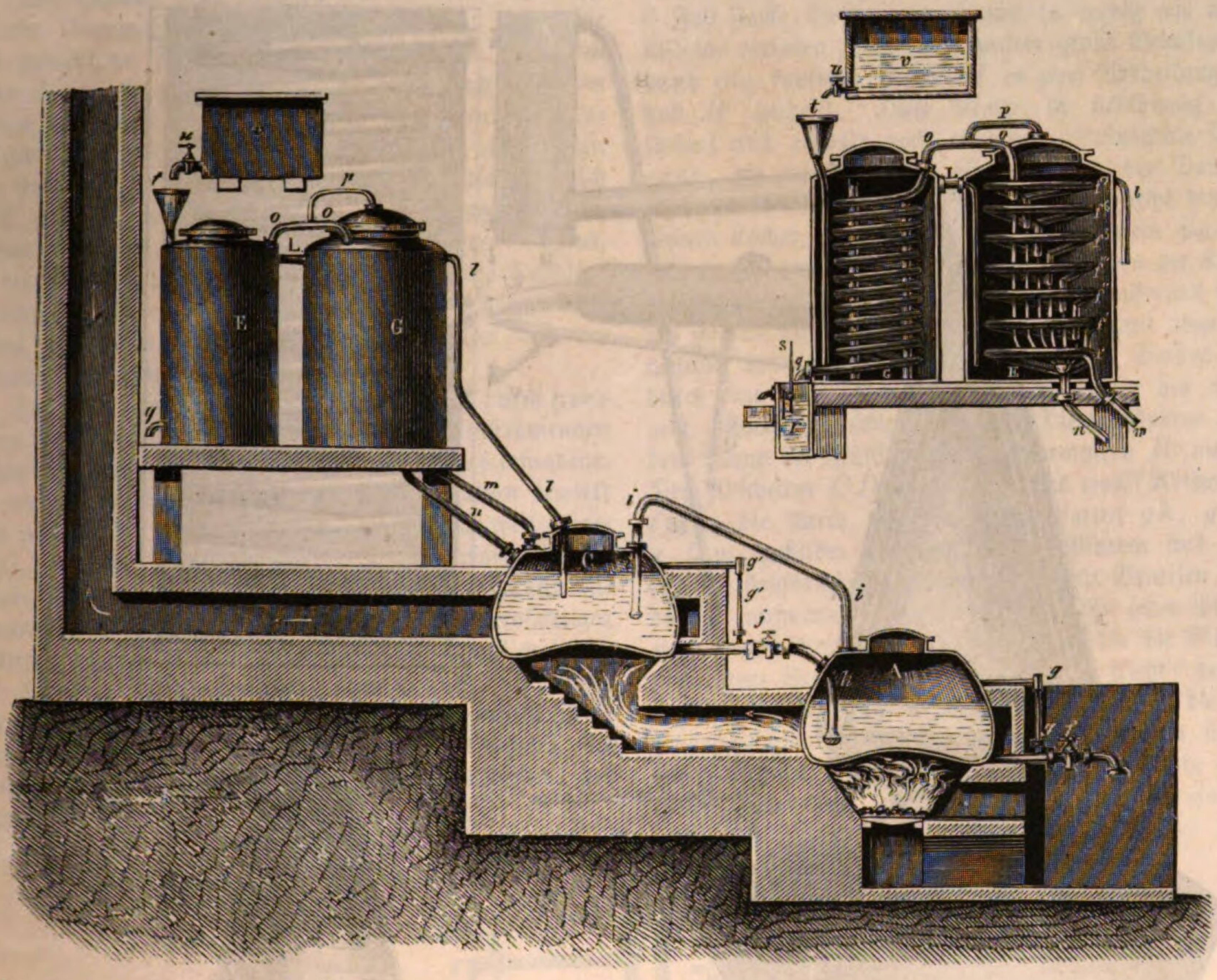
Nachdem man die Schlempe von A durch den Hahn a entleert hat, läßt man die Flüssigkeit aus B durch den Hahn d nach A, welches geschehen kann, ohne daß man die Destillation zu unterbrechen braucht. B wird sich dann allmälig wieder füllen. Um während der ganzen Dauer der Destillation einen völlig gleichmäßigen Abfluß durch den Hahn v zu haben, ist das Gefäß G vorhanden. In diesem schwimmt nämlich eine hohle Metallkugel, die durch eine Stange mit dem Griff des an dem Abflußrohr des Reservoirs H befindlichen Hahnes verbunden ist. Sinkt die Flüssigkeit in dem Behälter G, so sinkt auch die auf ihr schwimmende Kugel und diese öffnet daher den Abflußhahn des Reservoirs H; steigt die Flüssigkeit in Folge eines geringeren Abflusses durch v, so steigt auch die Kugel und verringert dem entsprechend die Oeffnung des Hahnes. Das Niveau in G wird daher immer gleich bleiben, da bei der geringsten Veränderung die Kugel die Stellung des Hahnes regulirt, und in Folge dessen muß die Flüssigkeit aus v immer unter gleichem Druck und somit mit gleicher Geschwindigkeit sich in den Kühlapparat ergießen. Wäre dieser Regulator nicht vorhanden, so würde die Geschwindigkeit fortwährend durch Verstellung des Hahnes v zu reguliren sein, indem sie, je nachdem das Reservoir H mehr oder weniger gefüllt ist, sehr verschieden sein würde.

Zur Reinigung des Apparats sind in der Säule C und im Vorwärmer E die Mannlöcher O, P, Q und $q\,q\,q$ angebracht.

Ganz ähnlich wie der Blumenthal-Derosne'sche Apparat ist der von Laugier (Fig. 65) construirte. Die Einrichtung der Blasen ist in beiden Apparaten dieselbe. A wird durch Feuer geheizt, der Dampf geht durch $i\,i$ in die zweite Blase C, unter der noch die Wärme circulirt. Es fehlt bei diesem Apparat jedoch die Destillations- und Rectificationssäule, statt derselben entweichen die Dämpfe aus der zweiten Blase durch das Rohr m in den Dephlegmator und Vorwärmer G und endlich in das Kühlfaß E. Das letztere wird durch den Trichter t, welcher bis auf den Boden reicht, und den Hahn u aus

dem Reservoir v mit der zu destillirenden Flüssigkeit gefüllt. Diese fließt, nachdem sie warm geworden ist, durch das Rohr L bis auf den Boden des Dephlegmators und Vorwärmers G und aus diesem durch das Rohr l in die zweite Blase. Der Vorwärmer und Kühlapparat sind in Fig. 66 im Durchschnitt gezeichnet. Der Dephlegmator besteht aus einer stehenden Schlange, deren Windungen f, f' bis f^7 ein sehr schwaches Gefälle haben.

Fig. 65. Fig. 66.



An dem tiefsten Punkte einer jeden Windung ist ein verticales Rohr angesetzt, welches die Flüssigkeit in eine allen sieben Windungen gemeinschaftliche Kugel zurückleitet, aus der der Lutter durch das Rohr n in die zweite Blase fließt. Die dephlegmirten Dämpfe gehen durch das Rohr o in die Kühlschlange. Mit dem Rohr o vereinigt sich das Rohr p, welches die im Vorwärmer entwickelten Alkoholdämpfe ebenfalls in den Kühlapparat führt.

Es mag hier schließlich noch ein Apparat erwähnt werden, dessen Construction wesentlich auf Dephlegmation basirt ist. Er hat nur eine Blase und keinen besonderen Rectificationsraum; es kann daher wohl ein starker Alkohol damit dargestellt werden, man ist aber, um die Blasenfüllung zu erschöpfen, schließlich gezwungen, eine nicht unbedeutende Menge Lutter oder Nachlauf zu ziehen. Er wurde von Miller in Glasgow eingeführt und ist Fig. 67 und 68 dargestellt. Die Haupteigenthümlichkeit dieses Apparats besteht darin, daß im Innern des sehr großen Blasenhelms mehrere Hohlkegel angebracht sind, in deren Zwischenräumen die Dämpfe dephlegmirt werden und in denen zugleich eine Wiederverdampfung des im Phlegma enthaltenen Alkohols stattfindet.

A ist eine gewöhnliche Blase, deren Helm $A'A'A'$ aus drei Kegeln BCD besteht, die in kleinen Entfernungen über einander aufgestellt sind. Die Oberflächen der Kegel B und D sind glatt, um C windet sich aber ein spiralförmiger Canal von dem oberen Ende bis zu seiner Basis. In Fig. 68 ist der äußerste Kegel B durchschnitten, so daß die Spirale X deutlich sichtbar ist. Die Röhre E leitet die Dämpfe, welche sich aus der in der Blase siedenden Flüssigkeit entwickeln, aus dem Raume zwischen C und D in den Vorwärmer F, der eine enggewundene Schlangenröhre enthält, deren unteres Ende mit E, deren oberes aber mit dem schlangenförmigen Dephlegmator im oberen Theile des Kühlfasses W in Verbindung steht. Der Vorwärmer F wird durch eine Röhre, die von einem großen Reservoir ausgeht und die bei M in F mündet, mit Maischwürze gefüllt. Diese Röhre ist in unserer Figur nicht sichtbar. I ist eine Röhre, die von dem oberen Ende des äußersten Kegels in einen Kühlapparat K geht; dieser besteht aus einem cylinderförmigen, etwas nach der Blase zu geneigten Gefäße, welches eine Anzahl wagrecht liegender Röhren enthält, durch die die dampfförmigen Producte zu gehen haben; der

Raum zwischen den Röhren und der äußeren Hülle wird durch eine in der Figur nicht gezeichnete Röhre mit Wasser gefüllt, das heiße Wasser läuft durch Q ab. Die Röhre K' ist die Fortsetzung von I, sie geht von K in das Kühlfaß W, wo sie mit der unteren Schlange L verbunden ist. Durch die Röhren O, i und J fließt der in den Condensationsröhren des Vorwärmers F und des Kühlapparats K und der in dem Dephlegmator G ver-

Fig. 67.

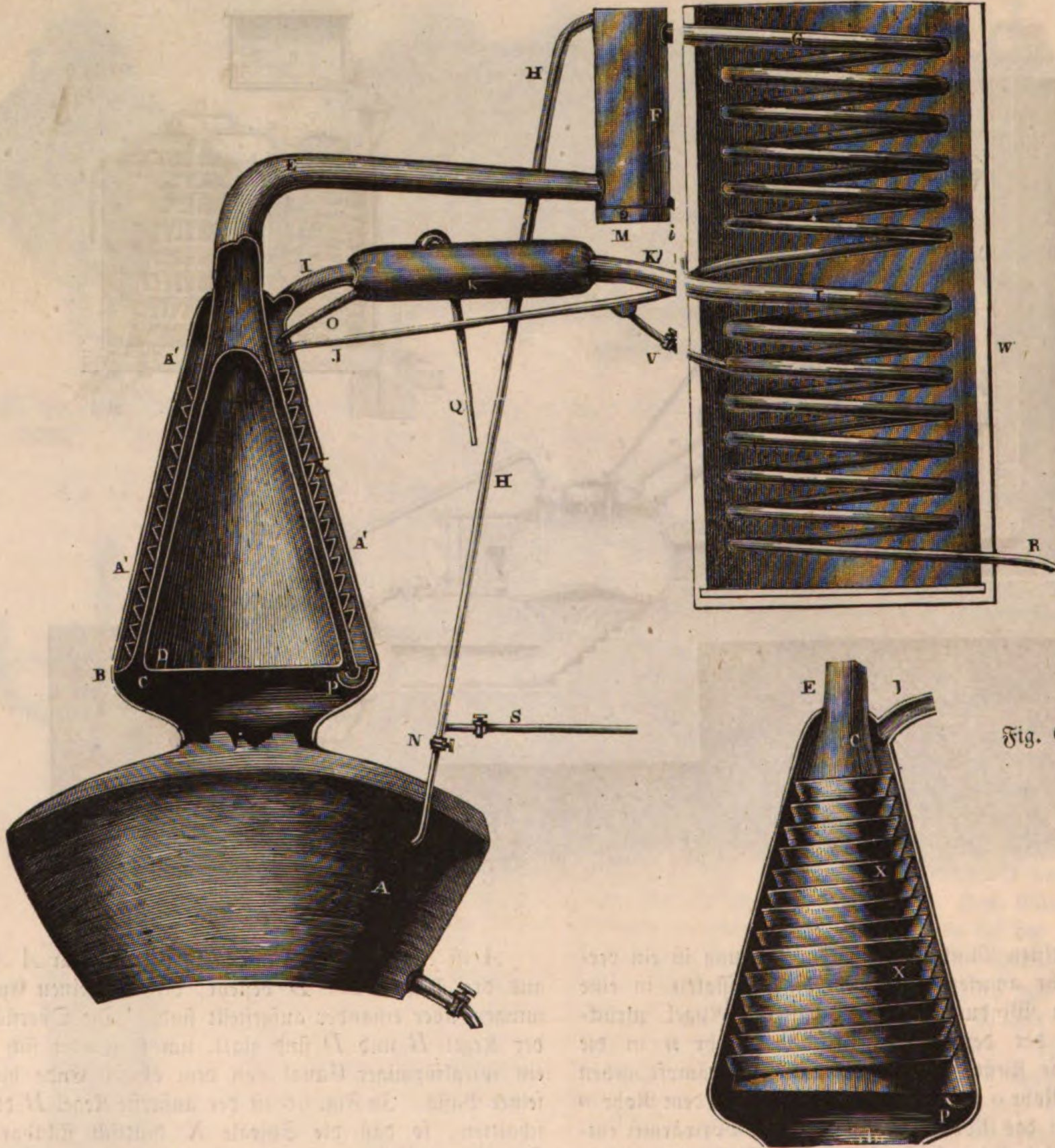


Fig. 68.

dichtete Lutter in den Raum zwischen den Kegeln C und B zurück. Die Röhre H verbindet den Vorwärmer F mit der Blase A und dient zur Füllung der letzteren. Durch diese Röhre läßt man so viel Maischwürze in die Blase fließen, daß der Boden derselben ungefähr 3 bis 4 Zoll hoch bedeckt wird, und zündet das Feuer in einem unmittelbar darunter angebrachten Ofen an. Die Dämpfe steigen in dem Helme $A'A'A'$ in dem Raume zwischen den Kegeln C und D in die Höhe und entweichen in den Vorwärmer F, ein Theil des Dampfes verdichtet sich darin, das Nichtverdichtete geht in den Dephlegmator G. Die in den Röhren des Vorwärmers condensirte Flüssigkeit und der Lutter des Dephlegmators fließen durch die Röhren i, J in den oberen Theil des Zwischenraumes BC, hier gelangt der Lutter in den spiralförmigen Canal X, wird dort durch den zwischen C und D aufsteigenden Dampf erhitzt und giebt seinen Alkohol in dem Maße, wie er seinen Lauf fortsetzt, ab. Die alkoholreichen Dämpfe gehen durch die Röhre I in den Kühlapparat K; die wäßrigen Theile des Lutters, die nicht wieder verdampft werden, gelangen durch die Röhre P in die Blase zurück und erleiden eine nochmalige Destillation.

In dem Kühlapparat K findet eine weitere Dephlegmation Statt, die Alkoholdämpfe gehen durch die Röhre K' in die Schlange L, wo sie verdichtet werden und

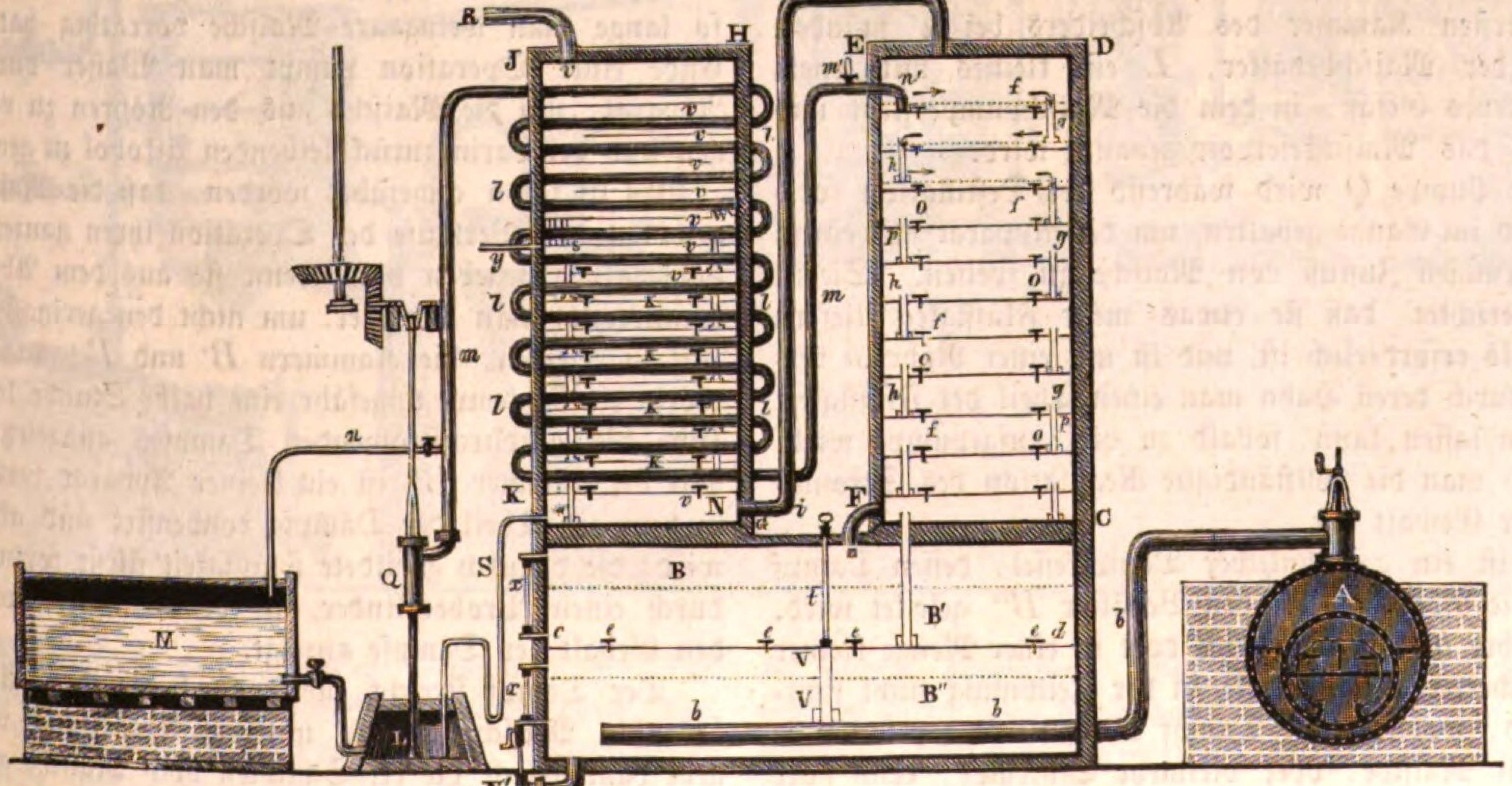
als fertiges Product bei R in den Spiritusbehälter abfließen; die Lutterdämpfe werden in den horizontal liegenden Röhren des Kühlapparats verdichtet und kehren durch die Röhre O in den Canal X zurück.

Während der Destillation wird die Maische in dem Vorwärmer bald so warm, daß derselbe seinen Zweck als Dephlegmator nicht erfüllen würde, wenn man die Maische längere Zeit darin ließe; man läßt daher die heiß gewordene Flüssigkeit abfließen, indem man den Hahn N schließt und S öffnet; sie wird dann in einem Gefäße gesammelt, aus welchem sie nach beendigter Destillation der ersten Füllung in die Blase A gelangt. Am Ende der Destillation läßt man den Lutter, der sich in F und G verdichtet hat, in die Schlangenröhre L fließen, indem man den Hahn der Zweigröhre V öffnet, da der Lutter zuletzt so schwach wird, daß die Dephlegmation desselben zu viel Zeit erfordern würde; man bringt ihn dann bei der nächsten Operation mit der Maische wieder in die Blase.

Der erste Apparat, bei dem die Erhitzung durch freies Feuer durch in die zu destillirende Flüssigkeit einströmenden Dampf ersetzt wurde, ist wohl der von Coffey erfundene. Es wird damit Rectification und Dephlegmation bewirkt und zugleich die Dämpfe durch Maische so weit abgekühlt, daß kaum eine Kühlung mit Wasser erforderlich ist. Dieser Apparat wird noch jetzt vielfach in England angewandt und eignet sich namentlich für einen großartigen Betrieb; es giebt solche Apparate, die stündlich 8000 bis 12000 Quart Destillat liefern. Er ist jedoch nur für gegohrene Würzen, nicht für eigentliche Maischen brauchbar, da seine Theile den Durchgang der Treber nicht gestatten. Fig. 69 ist ein Durchschnitt des Apparates.

Er besteht aus einem viereckigen Gefäß B, auf dem zwei Säulen $CDEF$ und $GHJK$ errichtet sind. Die Säule $CDEF$ heißt der Abscheider — analyzer —, die zweite der Rectificator — rectifier. Es wäre jedoch richtiger, ihn Dephlegmator zu nennen. Der ganze Apparat ist aus Holz gemacht und inwendig mit Kupferblech ausgeschlagen; man wendet gewöhnlich 5 bis 6 Zoll starke Bohlen an, damit so wenig wie möglich Wärme verloren gehe. Der untere große Behälter wird durch eine kupferne Platte cd in zwei Abtheilungen B' und B'' getheilt. Diese Platte ist siebförmig durchlöchert und enthält noch außerdem verschiedene Ventile $eeee$, die sich aufwärts öffnen, wenn der Dampf so heftig entwickelt werden sollte, daß er nicht durch die kleinen Löcher entweichen kann. Von diesem Siebboden geht eine Röhre VV bis fast auf den Boden der Kammer und mündet in eine Kapsel, die ein Dampfventil bildet; am oberen Theile dieser Röhre ist ein Ventil angebracht, welches man nach Belieben mittelst des Stabes t, der durch eine Stopfbüchse am oberen Theile des Kastens geht, öffnen oder schließen kann. Die Glasröhre x zeigt den Stand der Flüssigkeit in den Kammern B' und B''. Der Abscheider $CDEF$ besteht aus zwölf Abtheilungen $ffff$, die durch die elf Kupferplatten gh, gh, gh u. s. w. gebildet werden. Diese Platten sind ebenso wie cd siebförmig durchlöchert und mit Ventilen $oooo$, die sich aufwärts öffnen, versehen. An jeder Platte ist eine Tropfröhre p angebracht, durch die die Flüssigkeit von einem Siebboden auf den anderen fließt; der obere Theil jeder Röhre ragt 1 oder 2 Zoll über die Platte hinaus, damit diese während der Destillation stets mit einer Schicht Flüssigkeit von derselben Höhe bedeckt bleibe; der untere Theil der Röhre taucht in eine flache

Fig. 69.



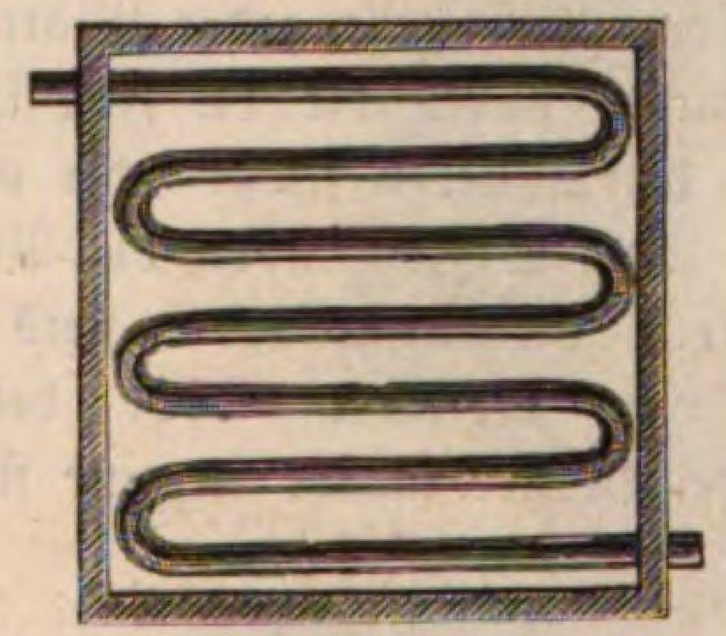
Schale, die auf dem folgenden Siebboden ruht, damit keine Dämpfe durch die Röhre entweichen können. Die Röhren sind abwechselnd an der rechten und linken Seite der Platten angebracht, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist.

Die Säule $GHJK$ ist auf dieselbe Weise durch Kupferplatten in Abtheilungen getheilt. In dieser sind aber funfzehn Kammern enthalten, von denen die zehn unteren K u. s. w. den Rectificator bilden und auf dieselbe Weise durchbohrt und mit Ventilen versehen sind,

wie die des Abscheiders. Die fünf oberen dienen zur Condensation des fertigen Alkohols und werden von den übrigen durch eine Platte getrennt, die aber nicht durchlöchert ist, sondern nur eine große Oeffnung bei *w* hat, wodurch der Alkoholdampf entweichen kann; außerdem ist sie noch mit einer Tropfröhre *s* versehen. Die Oeffnung *w* hat einen 1 Zoll hohen Rand, der das Zurückfließen des Alkohols verhindert. Das Tropfrohr *s* steht in einer tieferen Schale, als die übrigen Röhren; aus dieser fließt der fertige, aber noch heiße Alkohol durch die Röhre *y* in ein Schlangenrohr oder einen anderen Kühlapparat, um vollständig zu erkalten. Die Kammern *vvvv* dieses Condensators haben keine Siebböden, in den Platten ist abwechselnd an dem einen und dem anderen Ende ein Loch angebracht, welches groß genug ist, den Dämpfen den Durchgang zu gestatten und den verdichteten Alkohol zurückfließen zu lassen; diese Platten sind zu dem Zwecke angewandt, um die Dämpfe so viel wie möglich mit den Röhren *mm*, die kalte Maische enthalten, in Berührung zu bringen.

Durch jede Kammer der Säule *GHJK* geht eine zickzackförmig gebogene Röhre; dieses ist in Fig. 70 gezeigt, die den Grundriß irgend einer der Kammern darstellt. Die einzelnen Theile dieser Röhre communiciren mit einander durch die Verbindungsröhren *lll* und bilden so eine ununterbrochene Röhre *mm*, die von der Maischpumpe *Q* durch den Rectificator geht und, nachdem sie von dessen unterster Abtheilung wieder in die Höhe gestiegen ist, in der obersten Kammer des Abscheiders bei *n'* mündet. *M* ist der Maischbehälter, *L* ein kleines mit jenem verbundenes Gefäß, in dem die Maischpumpe steht und welches das Maischreservoir genannt wird.

Fig. 70.



Die Pumpe *Q* wird während der Destillation fortwährend im Gange gehalten, um den Apparat mit einem gleichförmigen Zufluß von Maische zu speisen. Sie ist so eingerichtet, daß sie etwas mehr Flüssigkeit liefern kann, als erforderlich ist, und ist mit einer Röhre *n* versehen, durch deren Hahn man einen Theil der Flüssigkeit ablaufen lassen kann, sobald zu viel aufgepumpt wird, wodurch man die vollständigste Regulation des Stromes in seiner Gewalt hat.

A ist ein gewöhnlicher Dampfkessel, dessen Dampf durch die Röhre *bb* in den Behälter *B''* geleitet wird. Die Röhre *bb* verzweigt sich dort in einer Menge kleiner durchlöcherter Röhren, die in der Zeichnung nicht sichtbar sind, wodurch der Dampf überall mit der ihn umgebenden Maische, oder vielmehr Schlempe, denn dort hat die Maische schon ihren ganzen Alkoholgehalt verloren, in Berührung kommt.

Die Operationen mit diesem Apparate fängt man damit an, daß man die Maischpumpe in Bewegung bringt, und die ganze Länge der Zickzackröhre *mm* füllt, bis die Maische anfängt bei *n'* in den Abscheider zu fließen. Die Pumpe wird dann in Ruhe gesetzt und der Dampf aus dem Kessel durch die Röhre *bb* in den unteren Theil des Apparats gelassen. Der Dampf streicht durch die Kammern *B'' B'* und durch die Röhre *z* in den Abscheider, von wo aus er durch *i* in den unteren Theil des Rectificators bei *N* eintritt. Er steigt dann durch die Kammern *kk*, umgiebt die Zickzackröhren und erwärmt die darin enthaltene Maische sehr rasch. Sobald man wahrnimmt, daß die Maische in ungefähr acht Kammern heiß geworden ist, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Hand an die Verbindungsröhren *lll* legt, setzt man die Pumpe wieder in Bewegung. Die Maische ist dann fast siedend heiß und fließt durch die Tropfröhren von Kammer zu Kammer, in der Richtung der in den oberen Abtheilungen gezeichneten Pfeile. Die Maische kann nur durch die Tropfröhren fließen, da die Größe und die Anzahl der Löcher in den Platten so regulirt ist, daß sie nur hinreichenden Raum bieten, um dem Dampfe unter einem schwachen Drucke Durchgang zu gestatten. Es ist daher klar, daß die Maische auf jeder Platte eine neue dünne Schicht bilden muß, durch die der Dampf streicht und so mit ihr an unendlich vielen Stellen in Berührung kommt. In dem Maße, wie die Flüssigkeit aus einer Abtheilung in die andere gelangt, wird ihr Alkohol mehr und mehr verflüchtigt und durch die aufwärts strömenden Dämpfe fortgeführt, so daß fast keine Spur Alkohol mehr darin zurückbleibt, sobald sie die große Kammer *B* erreicht. Die übrigbleibende Schlempe sammelt sich in *B'* an und bleibt dort, bis diese Abtheilung fast gefüllt ist; den Stand der Flüssigkeit beobachtet man an der Glasröhre *x*, dann öffnet man das Ventil *V* und läßt den Inhalt aus *B'* in die untere Abtheilung laufen; wenn auch diese fast gefüllt ist, öffnet man den Hahn der Röhre *N'* und läßt die Schlempe abfließen.

So kann der Apparat ununterbrochen fortarbeiten, so lange man weingaare Maische vorräthig hat. Am Ende einer Operation pumpt man Wasser durch den Apparat, um die Maische aus den Röhren zu verdrängen und den darin zurückbleibenden Alkohol zu gewinnen.

Es ist schon angeführt worden, daß die Maische im gewöhnlichen Verlaufe der Operation ihren ganzen Alkoholgehalt abgegeben hat, wenn sie aus dem Abscheider heraustritt; man hat aber, um nicht den geringsten Verlust zu erleiden, die Kammern *B'* und *B''* angebracht, worin die Schlempe ungefähr eine halbe Stunde lang der Hitze des hindurchströmenden Dampfes ausgesetzt wird. Mit der Kammer *B''* ist ein kleiner Apparat verbunden, in dem ein Theil der Dämpfe condensirt und abgekühlt wird; die dadurch gebildete Flüssigkeit fließt fortwährend durch einen Probecylinder, in dem ein Alkoholometer den Gehalt der Dämpfe anzeigt.

Der Dampf streicht zuerst durch die ihres Alkohols beraubte Maische in der unteren Abtheilung von *B*, geht dann durch die elf Schichten von Maische auf den durchlöcherten Böden des Abscheiders, führt ihren Alkohol dampfförmig mit sich fort und läßt eine entsprechende Menge Wasser dafür zurück. Der Dampf gelangt, nachdem er den ganzen Abscheider durchstrichen hat, durch die Röhre *i* in den unteren Theil des Rectificators und umgiebt, während er aufwärts steigt, die Röhren *mm*,

deren Inhalt dadurch erwärmt wird, während der größte Theil des Wassers durch Abkühlung des Dampfes verdichtet wird. Der Dampf besteht fast nur aus Alkohol, wenn er den Ausweg *w* erreicht und in den Condensator am oberen Ende des Rectificators gelangt; dort enthalten die Röhren *mm* die eben aus der Pumpe kommende kalte Maische und verdichten daher die Dämpfe rasch, der fertige Spiritus fließt dann über die verschiedenen Platten zurück und durch die Röhre *y* in einen Kühlapparat. Die Röhre *R* steht mit dem Kühlapparat in Verbindung und ist dazu bestimmt, den unverdichtbaren Gasen — Kohlensäure und atmosphärische Luft — einen Abzug zu gestatten, ohne daß dadurch ein Verlust an Alkohol zu befürchten wäre.

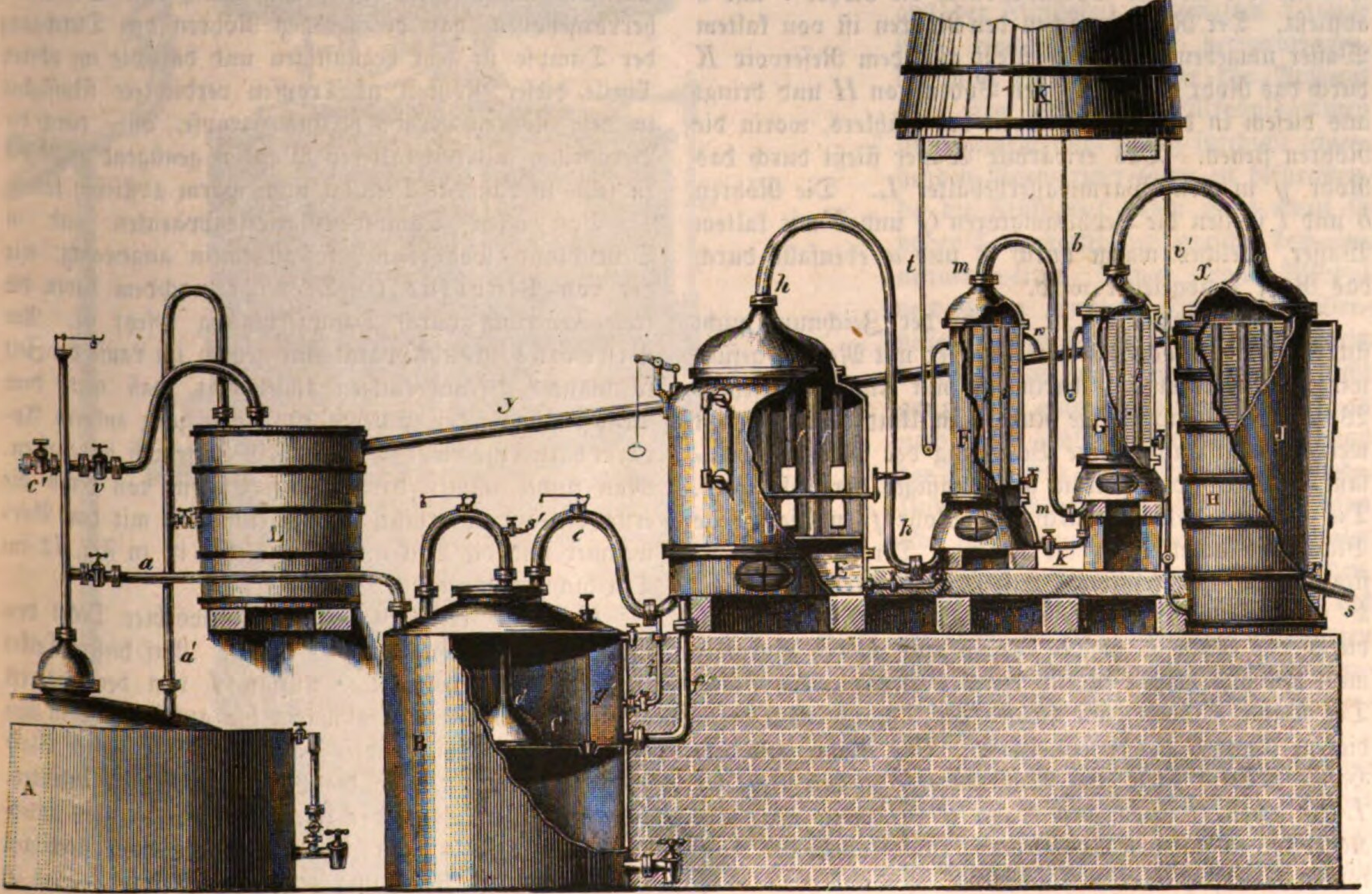
Die Flüssigkeit, welche sich aus den Dämpfen auf den Platten des Rectificators condensirt, fließt in den unteren Theil der Säule, auf dieselbe Weise wie die Maische im Abscheider; sie enthält dann aber noch eine gewisse Menge Alkohol und wird, um diesen zu gewinnen, durch die Röhre *S* in das Reservoir *L* abgelassen, von wo sie gemeinschaftlich mit der Maische durch die Röhren *mm* getrieben wird, um von Neuem destillirt zu werden.

Bei *m'*, da wo die Röhre *mm* in den Abscheider mündet, ist ein Thermometer angebracht, nach dessen Angaben die ganze Operation geleitet wird. Sobald man findet, daß die Maische zu heiß sei, läßt man mehr Maische zufließen, indem man den Hahn in der Röhre *n* schließt, und umgekehrt wenn die Maische zu kalt bei *n'* ausfließen sollte.

Das Wasser, welches den Dampfkessel speist, geht vorher durch eine lange Röhre, welche in der kochend heißen Schlempe liegt; daher gelangt das Wasser schon sehr warm in den Kessel, wodurch natürlich viel Feuermaterial gespart wird.

Einer der ältesten der in Deutschland gebräuchlichen Dampfdestillirapparate ist der von Schwarz (Fig. 71). *A* ist ein kupferner Dampfkessel, der durch das Rohr *a'* aus dem Behälter *L* mit Wasser gefüllt wird. *B* und *C* sind zwei über einander befindliche Blasen, die durch

Fig. 71.



einen Metallboden von einander getrennt sind. Die Wasserdämpfe aus dem Dampfkessel gehen durch das Rohr *a* bis auf den Boden der Blase *B*, erhitzen darin die Maische zum Sieden, entweichen durch das Rohr *c* und strömen durch die glockenförmige Erweiterung *d* dieses Rohrs in die in der zweiten Blase *C* enthaltene Maische. Nach dem Abtreiben der unteren Blase wird die Schlempe aus dieser durch den am Boden angebrachten großen Hahn entfernt und die siedende Maische aus der zweiten Blase durch Oeffnen des Stöpsels *g* in die untere abgelassen. Die in *C* gebildeten Dämpfe nehmen ihren Weg durch das Rohr *e* und treten in den unteren Theil des Vorwärmers *D*. Dieser Theil des Apparats besteht ähnlich wie beim Vorwärmer von Dorn (s. S. 245) aus zwei von einander getrennten Räumen. Der untere *E* ist ein Rectificator oder Lutterkasten, der obere der eigentliche Vorwärmer. In diesem stehen acht unten und oben offene Röhren *ff*, die unten auf die Platte, welche den Vorwärmer vom Lutterkasten trennt, aufgeschroben sind und oben über dem höchsten

Stande der Flüssigkeit münden. Die Dämpfe gehen aus dem unteren Theile des Vorwärmers durch diese Röhren, werden durch die umgebende kalte Flüssigkeit dephlegmirt und entweichen durch *h* in den rectificirenden Dephlegmator *F*, der im Wesentlichen dieselbe Construction wie der Vorwärmer hat. Es sind darin zwölf enge Röhren *ii* enthalten, welche von Wasser umgeben sind und die Dephlegmation bewirken. Die Rectification des sich unten sammelnden Lutters geschieht ebenso wie im Vorwärmer. Hier treten die Dämpfe durch *e* am Boden von *E* ein, durchstreichen den Lutter und treiben die Dämpfe in die Röhren *ff*. Im Rectificator von *F* treten die Dämpfe durch das Rohr *h* am Boden des Lutterbehälters ein. Ebenso wie *F* ist ein zweiter rectificirender Dephlegmator *G* eingerichtet, in welchen die Dämpfe durch *m* gelangen, die Röhren *ll* passiren, und durch *o* in den oberen Theil des Kühlapparats treten.

Der Kühlapparat *HI* enthält zwölf senkrecht stehende Röhren, die oben und unten in Ausschnitten von zwei Platten befestigt sind. Oben treten die Dämpfe ein, vertheilen sich in den Röhren, werden verdichtet und sammeln sich als Flüssigkeit in einem Behälter unter der unteren Platte, von wo der Spiritus durch die Röhre *r* und *s* abfließt. Der Raum zwischen den Röhren ist von kaltem Wasser umgeben und dieses fließt aus dem Reservoir *K* durch das Rohr *v'* bis auf den Boden von *H* und dringt aus diesem in den inneren Theil des Kühlers, worin die Röhren stehen. Das erwärmte Wasser fließt durch das Rohr *y* in den Warmwasserbehälter *L*. Die Röhren *b* und *t* speisen die Dephlegmatoren *G* und *F* mit kaltem Wasser, welches warm durch *x* und *w* ebenfalls durch das Rohr *y* abgeleitet wird.

Im Vorwärmer *D* ist ein in der Zeichnung nicht sichtbares Mannloch, durch welches er mit Maische gefüllt wird. Außerdem liegt darin eine mit Flügeln versehene Welle, welche durch eine Kurbel in Umdrehung versetzt werden kann und so eine Bewegung der Maische veranlaßt, wodurch die Wärme gleichmäßiger vertheilt wird. Die Maische gelangt durch das Rohr *f* in die zweite Blase und durch *g* in die untere. Der in dem Rectificator von *G* verdichtete Lutter wird durch das Rohr *k'* in den Rectificator von *F* abgelassen, aus diesem durch das Rohr *k* in den Rectificator *E* des Vorwärmers und aus diesem endlich durch *i* in die zweite Blase. Der Hahn *s'* dient zum Prüfen der Dämpfe nach beendigtem Abtrieb der ersten Blase. Das Rohr mit dem Hahne *v* dient dazu, um Wasserdämpfe in den Behälter *L* zu leiten. Durch den Hahn *c'* entnimmt man dem Kessel die zu anderen Operationen, zum Kochen der Kartoffeln 2c. erforderlichen Dämpfe.

Dieser Apparat hat den Vorzug vor anderen, daß die Dephlegmationsröhren leicht zu reinigen sind. Man braucht zu dem Zwecke nur die oberen Theile, welche den Helm repräsentiren, abzuschrauben und kann dann die einzelnen Röhren leicht erreichen. Die Construction des Dampfkessels ist jedoch gänzlich verfehlt und stammt aus einer Zeit, wo man noch keine Maschinen in der Brennerei kannte. Seine Form läßt sich nur aus Kupferblech herstellen und vertheuert ihn daher unnöthig. Wo man sich dieses Apparats noch bedient, wird man diesen Kessel schon allgemein durch eiserne cylindrische Kessel ersetzt haben. Die Form der Blasen ist ebenfalls mangelhaft und dieses ist ein Gegenstand, bei dem von unseren deutschen Constructeuren noch viel gefehlt wird. Bei der Erhitzung über freiem Feuer ist es geboten, den Boden der Blase so groß, ihre Höhe so gering wie möglich zu machen, um die Wärme auszunutzen. Bei der Dampfdestillation ist es aber umgekehrt. Die Dämpfe durchströmen eine niedrige Flüssigkeitsschicht so rasch, daß sie nicht genug Wärme abgeben und nicht genügend zur Verdampfung des Alkohols beitragen. Man sollte daher bei allen Dampfapparaten die Blasen so hoch als irgend möglich machen, da man dann mit verhältnißmäßig wenig Dampf, und dieser ist gleichbedeutend mit Brennmaterial, die Entgeistung erreicht. Je weniger Dampf man dazu gebraucht, um so stärker ist auch das Destillat und um so weniger Phlegma oder Lutter wird man gewinnen, und um so weniger Dampf wird man gebrauchen, um den Lutter zu rectificiren.

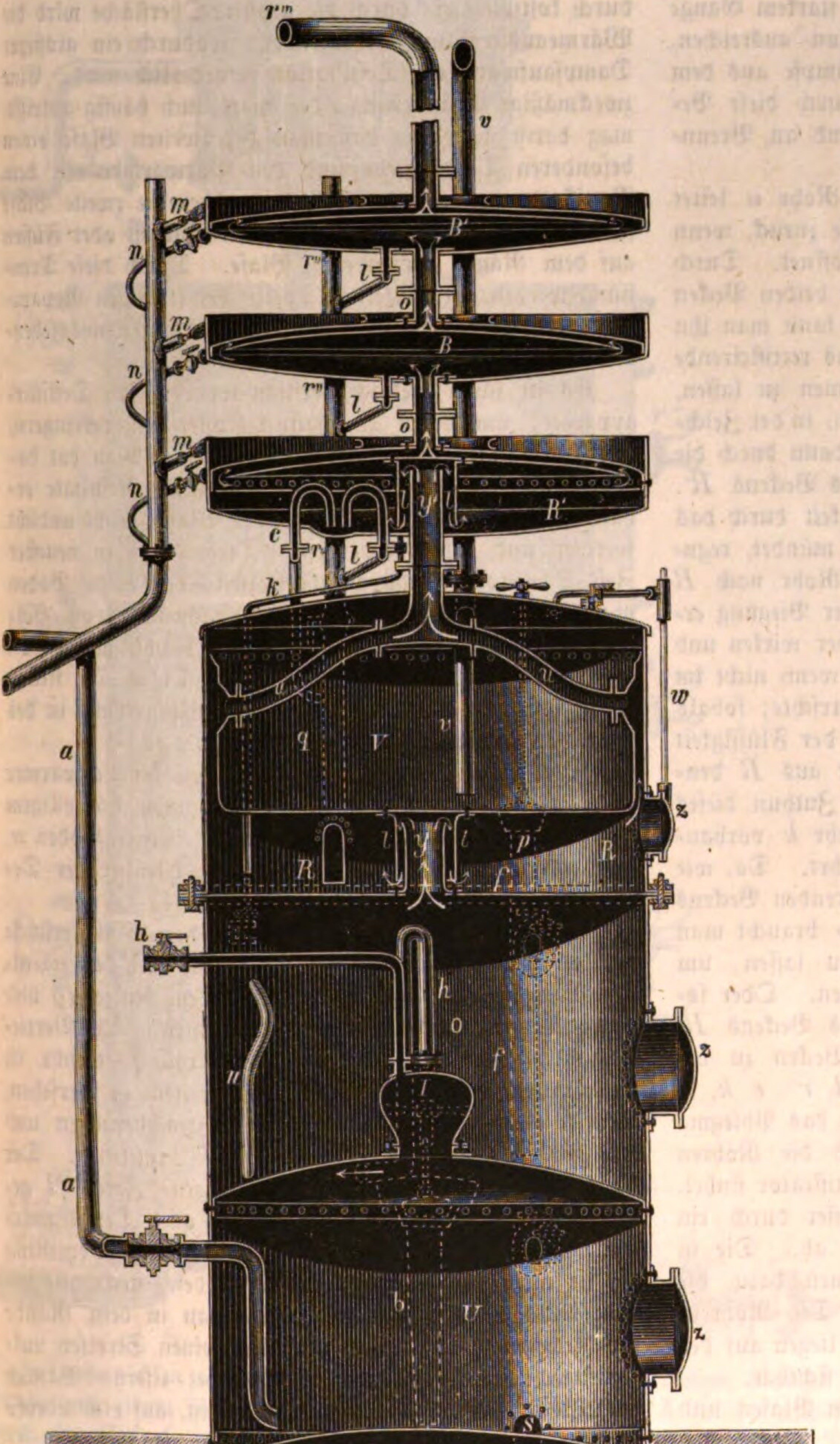
Das Gleiche wie von den Blasen, gilt auch von den Lutterbehältern oder Rectificatoren. Diese sind durchgehends zu niedrig, um die sie durchströmenden Dämpfe gehörig auszunutzen. Auch an dem Kühlapparat ist Manches auszusetzen; so ist namentlich von Siemens hervorgehoben, daß die geraden Röhren den Durchgang der Dämpfe zu sehr begünstigen und daß die im oberen Theile dieser Röhren zu Tropfen verdichtete Flüssigkeit in den Röhren gerade herunter tropfe, ohne durch die Berührung mit den kälteren Wänden genügend abgekühlt zu sein, so daß das Destillat noch warm abfließen könne.

Von allen Dampfdestillationsapparaten wird in Deutschland wohl keiner so allgemein angewandt, wie der von Pistorius (s. S. 252), nachdem daran die freie Feuerung durch Dampferhitzung ersetzt ist. Am Pistorius'schen Apparat sind jedoch im Laufe der Zeit so manche Veränderungen angebracht, daß man, dem Aeußern nach, den neueren für einen ganz anderen Apparat halten möchte. Das Princip ist jedoch beibehalten. Man findet immer daran zwei Blasen, von denen die erste die andere erhitzt, den Rectificator mit dem Vorwärmer und die Becken. Ein solcher ist in Fig. 72 im Durchschnitt dargestellt.

U ist die erste Blase, deren gewölbter Deckel den Boden der zweiten Blase *O* bildet. Auf diesem Deckel erhebt sich der helmartige Aufsatz *I*, von dem das erst aufwärts, dann wieder abwärts bis auf den Boden von *O* gebogene Rohr *h* die Dämpfe in die zweite Blase leitet. *h* mündet, wie die punktirten Linien andeuten, auf der tiefsten Stelle der zweiten Blase — nicht unterhalb des Deckels von *U*, wie es bei einer flüchtigen Betrachtung der Zeichnung erscheinen könnte —; es ist kurz vor seiner Mündung nochmals rechtwinklig gebogen, wodurch man den Vortheil erreicht, daß die Maische durch den Stoß des eintretenden Dampfes fortwährend in der Richtung des Pfeiles in kreisender Bewegung erhalten wird, so daß sich keine Treber ablagern können und immer neue Theile der Maische dem Dampfe ausgesetzt werden. Die Dämpfe gehen aus der zweiten Blase in der Richtung der Pfeile durch das weite Rohr *y* und die Kappe *l* in den Rectificator *R*, von diesem durch das Rohr *u* durch den Vorwärmer *V*, sammeln sich wieder in dem Rohr *y'* und treten in das Becken

R'. In diesem ist, wie die Kappe l dort anzeigt, eine nochmalige Rectification beabsichtigt worden, diese Einrichtung hat sich jedoch nicht bewährt, so daß dies Becken einfach als Dephlegmator benutzt wird. Nach dem Becken R' passiren die Dämpfe noch nach einander durch

Fig. 72.



die Röhren oo, zwei Becken B und B' und entweichen endlich durch r''' in den Kühlapparat.

Der Vorwärmer V wird durch das Rohr v, welches mit dem Maischreservoir in Verbindung steht, gefüllt. Ein Wasserstandszeiger w zeigt die Höhe der Maische. Dieser Zeiger wird seinen Zweck jedoch nur sehr unvollkommen erfüllen, wenn seine untere Verbindungsröhre nicht unverhältnißmäßig weit ist, da er durch die Treber zu leicht verstopft wird. Zweckmäßiger ist es, oben am Vorwärmer eine mit einem Deckel verschließbare Oeffnung anzubringen, durch welche man den Stand der Maische direct beobachten kann. Aus dem Vorwärmer fließt die Maische durch das mit dem Ventil p verschlossene Rohr f in die zweite Blase. Dabei öffnet sich das an der rechten Seite der Zeichnung sichtbare, auf dem Deckel des Vorwärmers angebrachte Luftventil. Hat man auf dem Vorwärmer die erwähnte Oeffnung, welche, da sie nur mit einem Deckel versehen ist, nicht hermetisch schließt, so ist dieses Luftventil überflüssig. Es ist keinenfalls zweckmäßig, den Vorwärmer, wie es hier in der Zeichnung geschehen ist, luftdicht zu verschließen, weil dann die beim Erwärmen sich ausdehnende Luft und die aus der Flüssigkeit entwickelten Dämpfe stets eine Spannung hervorbringen, die nicht vortheilhaft für den Apparat ist. Ein Verlust an Alkoholdämpfen ist bei einem nicht völlig luftdicht schließenden Vorwärmer kaum zu befürchten, da die Flüssigkeit darin nicht einen so hohen Temperaturgrad erreicht, daß eine nennenswerthe Menge von Alkohol verdampfen könnte. Eine andere Verbesserung des Vorwärmers würde darin bestehen, daß man seinen Boden nicht ganz flach machte, sondern ihn etwas nach unten wölbte, wodurch der Abfluß der Treber sehr befördert werden würde. Unmittelbar über dem Boden läßt man sehr zweckmäßiger Weise in horizontaler Richtung ein Dampfrohr münden, durch welches man im Augenblick des Ablassens etwas Dampf einströmen läßt, um dadurch die abgelagerten Treber recht in der Flüssigkeit zu vertheilen.

Aus der zweiten Blase gelangt die Maische durch das Rohr b, welches durch ein von außen zu öffnendes Ventil verschließbar ist, in die erste Blase U und aus dieser wird die Schlempe durch das Rohr S abgelassen. Durch ein auf dem Helm J angesetztes Rohr h kann man die Dämpfe der ersten Blase in ein kleines Schlangenrohr leiten, um sich von der Beendigung der Destillation zu überzeugen. An beiden Blasen sind Lufthähne angebracht, die in der Figur punktirt gezeichnet sind; sie werden beim jedesmaligen Ablassen von außen geöffnet.

Die Destillation wird durch den aus dem Rohre a

in die untere Blase einströmenden Dampf bewirkt. Dieses Rohr mündet in horizontaler Richtung und ist außerdem noch etwas seitwärts gebogen, so daß es, ebenso wie das Rohr *h* in der zweiten Blase, die Maische während der Destillation in steter Bewegung erhält. Außerdem ist noch ein zweites — in der Zeichnung nicht sichtbares — Rohr vorhanden, welches die Retourdämpfe der Maschine in die Maische leitet. Bei starkem Gange der Maschine werden diese zur Destillation ausreichen, ruht die Maschine, so leitet man die Dämpfe aus dem Dampfkessel direct in den Apparat. Durch diese Benutzung der Retourdämpfe wird bedeutend an Brennmaterial gespart.

Das in der zweiten Blase sichtbare Rohr *u* leitet den Lutter aus dem Rectificator *R* in diese zurück, wenn man einen außerhalb befindlichen Hahn öffnet. Durch die Röhren *ll* fließt der Lutter aus den beiden Becken *B* und *B'* in das Rohr *r''*. Von dort kann man ihn in den Rectificator *R* leiten, oder in das rectificirende Becken *R'*. Um ihn letzteren Weg nehmen zu lassen, schließt man den im Rohr *r''* angebrachten, in der Zeichnung punktirten Hahn; der Lutter fließt dann durch die gebogene Röhre *l* in den Rectificator des Beckens *R'*. In letzterem wird der Stand der Flüssigkeit durch das gebogene Rohr *c*, welches ebenfalls in *r* mündet, regulirt. Die Flüssigkeit wird durch dieses Rohr nach *R* abfließen, sobald ihr Stand die Höhe der Biegung erreicht hat. Dieses Rohr würde als Heber wirken und sämmtliche Flüssigkeit nach *R* abziehen, wenn nicht im Rectificator ein bedeutender Gegendruck herrschte; sobald dieser aber aufhört, also beim Ablassen der Flüssigkeit von *R* nach *O*, wird auch die Flüssigkeit aus *R* denselben Weg nehmen. Um *R* auch ohne Zuthun dieses Hebers entleeren zu können, ist das Rohr *k* vorhanden, welches direct in den Rectificator führt. Da, wie oben gesagt, die Anwendung des rectificirenden Beckens sich nicht als zweckmäßig erwiesen hat, so braucht man nur den Hahn des Rohrs *r* geöffnet zu lassen, um stetigen Abfluß in den Rectificator zu haben. Oder sobald man das Rohr *y'* am Boden des Beckens *R'* münden läßt, um dieses als einfaches Becken zu benutzen, kann die ganze Röhrenvorrichtung *l*, *r''*, *c*, *k*, so wie der Röhrstutzen *l* in *R'* wegfallen, da das Phlegma von den Becken dann ungehindert durch die Röhren *o*, *o*, *y'*, *u* seinen Weg zurück in den Rectificator findet.

Die Röhren *m* leiten das heiße Wasser durch ein gemeinschaftliches Rohr von den Becken ab. Die in dasselbe Rohr mündenden Röhren *n* dienen dazu, die Becken ganz von Wasser zu entleeren. Die Röhren, welche das Wasser den Becken zuführen, liegen auf der anderen Seite; sie sind in der Figur nicht sichtbar.

zzz sind Mannlöcher, um die beiden Blasen und den Rectificator reinigen zu können.

Die Construction dieses Apparats wird in den Details auf mannigfache Weise abgeändert. So findet man die beiden Blasen neben einander stehen, die zweite jedoch so hoch, daß ihr Inhalt in die erste abgelassen werden kann; höher wie die zweite, aber ihr zur Seite steht der Vorwärmer mit dem Rectificator; die Becken sind nochmals zur Seite geschoben. Damit hat man im Wesentlichen die Einrichtung des alten Pistorius. Die Anfertigung eines solchen verschobenen Apparats ist aber selbstverständlich bei Weitem kostspieliger wie die des Säulenapparats, da jeder einzelne Theil des Apparats dann wieder seinen besonderen Boden haben muß, während bei vorstehendem Apparat der Deckel des unteren Theils gleichzeitig den Boden des darüber liegenden bildet; auch werden die Röhrenleitungen länger und dadurch kostspieliger; durch die größere Oberfläche wird die Wärmeausstrahlung bedeutender, wodurch ein größerer Dampfaufwand zur Destillation erforderlich wird. Eine zweckmäßige Abänderung, die man auch häufig antrifft, mag darin bestehen, daß man der zweiten Blase einen besonderen Deckel giebt und den Vorwärmer mit dem Rectificator etwa sechs Zoll hoch über die zweite Blase stellt, er ruht dann auf drei kleinen Säulen oder Füßen auf dem Rande der zweiten Blase. Durch diese Trennung werden die einzelnen Theile bei etwaigen Reparaturen leichter zugänglich und der Apparat gewinnt nebenbei dadurch ein weit gefälligeres Ansehen.

Es ist schon vielfach versucht worden, die Destillirapparate, um deren Anschaffungskosten zu verringern, aus Holz statt aus Kupfer anzufertigen. Man hat dabei aber im Allgemeinen nur ungünstige Resultate erhalten, da die hölzernen Böden der Blasen leicht undicht werden und rasch verderben. Diesem hat in neuester Zeit Siemens dadurch abgeholfen, daß er die Böden von Eisenplatten und die Umfassungswände von Holz anfertigte. Außerdem ist ein neuer Dephlegmator von ihm eingeführt worden. Fig. 73, 74 u. 75 stellen diesen Apparat dar, denen wir die Beschreibung in des Erfinders eignen Worten folgen lassen.

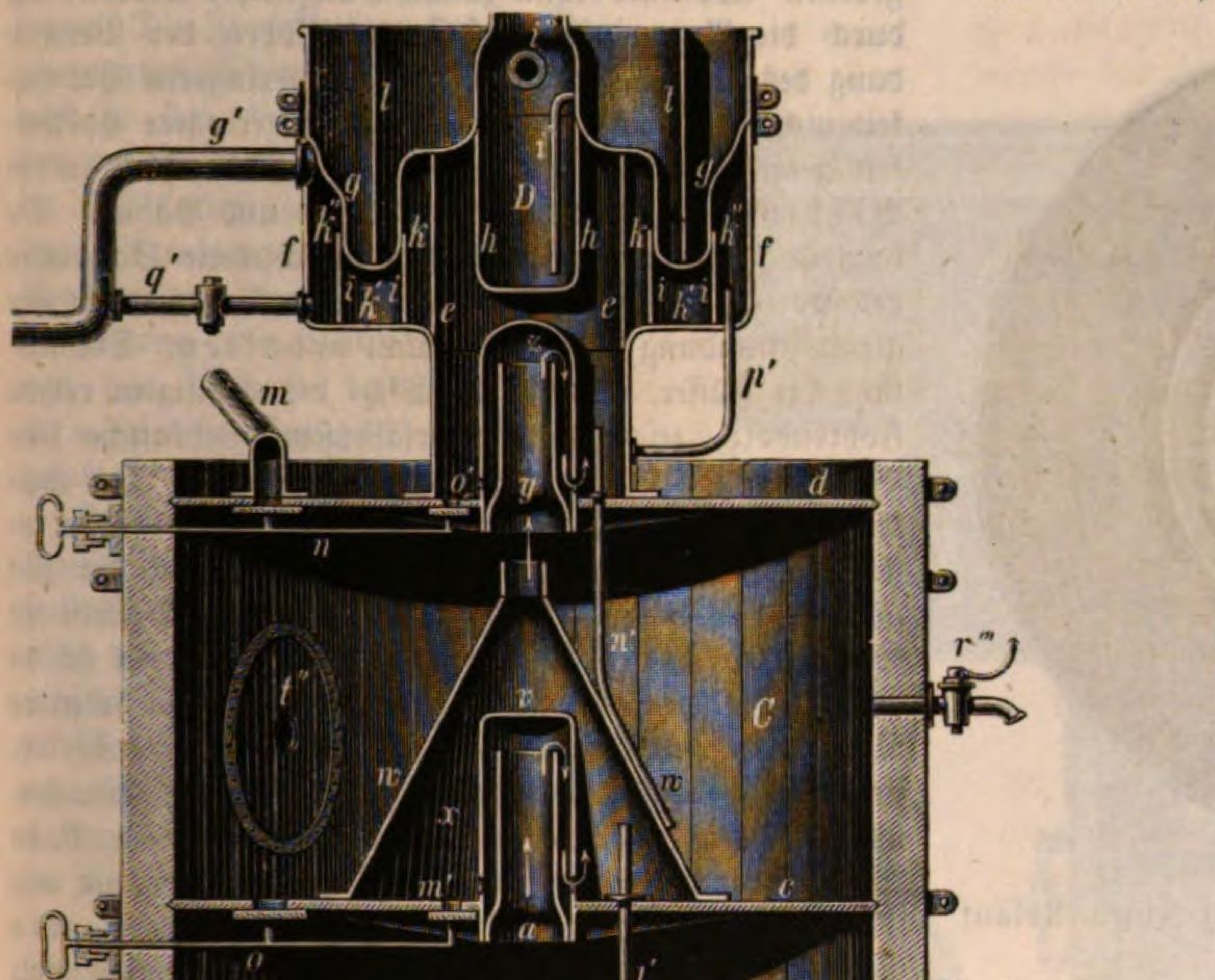
Zwei Maischblasen *A* und *B*, sowie der Vorwärmer *C*, sind hier zusammen in einem aus gutem dreizölligem Holze hergestellten Fasse, mit vier gußeisernen Böden *a*, *b*, *c*, *d* angebracht, und unmittelbar darüber der Dephlegmator *D*.

Dieser Dephlegmator besteht aus dem Cylinderstücke *ee* und dem Kranze *ff*; beide werden von der eigentlichen Dephlegmirfläche, bestehend in dem Ringe *gg* und dem cylindrischen Gefäße *hh*, geschlossen. Die Vertiefung des Ringes *gg*, welche in den Kranz *ff* taucht, ist nach unten mit den beiden Blechstreifen *ii* versehen, welche nahezu den Boden des Kranzes berühren und wodurch hier die drei Räume *k*, *k'*, *k''* entstehen. Der Wasserring *gg* wird durch eine hölzerne Zarge *ll* getheilt, um die äußeren Wandungen oder Dephlegmirflächen kälter zu erhalten als die inneren. Der Ring *gg* ist mit dem Gefäße *h* fest verbunden, steckt mit seinem Rande aber nur möglichst genau in dem Rande des Kranzes *ff* und wird hier durch einen Streifen vulkanisirten Kautschuks, der durch zwei eiserne Bänder mittelst Schrauben zusammenzuhalten ist, auf eine ebenso einfache als dauerhafte Weise gedichtet.

Die Füllung des Vorwärmers erfolgt durch das Rohr *m* aus einem höher stehenden Reservoir. Statt eines Hahns dient hier ein einfacher Schieber *n* zum Verschluß des Rohrs; gleiche Schieber bei *o*, *p* und *q* dienen zum Füllen und Ablassen der Blasen. Die Zuleitung des Wasserdampfs erfolgt durch das Rohr *r*, welches in der Blase durch die Haube *s* überdeckt wird, die die Dämpfe nach unten führt, wo sie durch eine

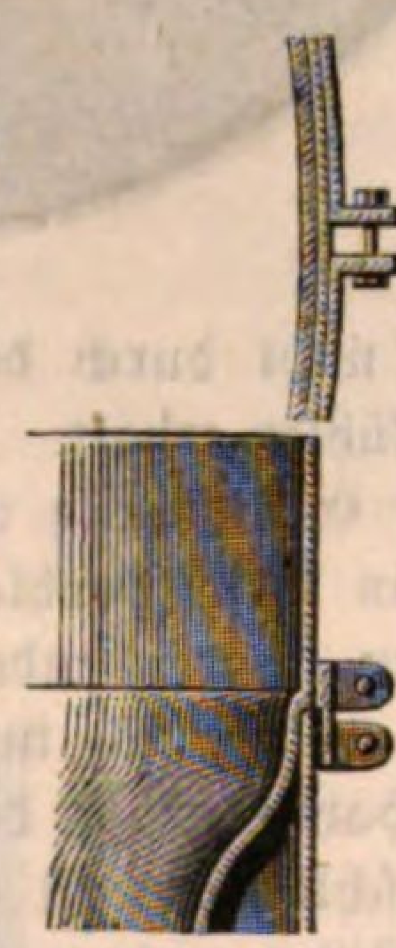
größere Anzahl kleiner Oeffnungen in die Maische treten. Um hier ein Zurücktreten oder Eindringen der noch kalten Maische bei plötzlicher Condensation der Dämpfe zu verhüten, was ein heftiges Schlagen der Dämpfe in dem

Fig. 73.



Rohre veranlassen würde, ist dieses oberhalb unter der Haube mit einem einfachen Ventile s' versehen, welches durch eine Spirale offen erhalten wird, sich aber schließt, wenn in dem Rohre eine Condensation entstehen sollte. Der Hahn r' dient zum Ablassen des condensirten Dampfwassers, bevor nach einer Unterbrechung neue Dämpfe zugeführt werden. Aus der Blase A treten die Dämpfe unter die Haube t und durch diese in die Maische von B, aus der sie durch das Rohrstück a unter die Haube v und unter die Wärmfläche w kommen, die hier den Lutterraum x von der Maische im Vorwärmer trennt. Mit den hier aufsteigenden Dämpfen können sich die im Vorwärmer etwa entstehenden Dämpfe vereinigen. Das Rohr y führt sie mittelst der Haube z in die Flüssigkeit, welche sich im Dephlegmator niedergeschlagen hat. Die hier aufsteigenden Dämpfe kommen zunächst mit der wärmeren Dephlegmirfläche von h in Berührung; was sich von den Dämpfen dadurch nicht niederschlägt, gelangt durch eine Oeffnung a', im Cylinder ee, die nur in dem Grundrisse Fig. 75 angegeben ist, in den Raum k, wo sie die kälteren Flächen von gg berühren. Sie werden hier durch eine Scheidewand b' gezwungen, den ganzen Raum k zu durchstreichen, um durch die Oeffnung c' in den Raum k' zu gelangen. Auch hier nöthigt sie die Scheidewand d', den ganzen Raum zu durchlaufen, bevor sie die Oeffnung e' erreichen, welche in

Fig. 74.



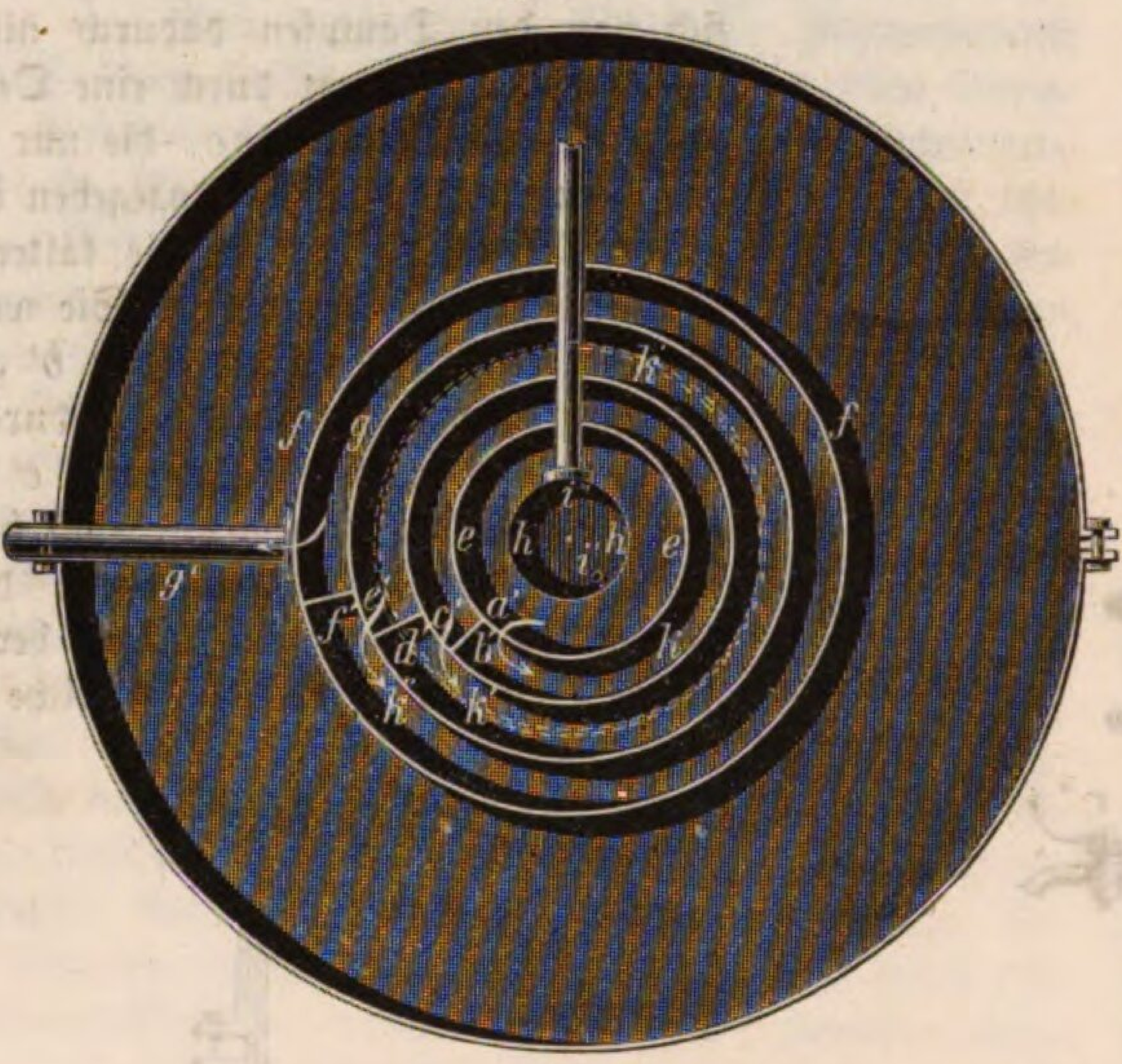
den äußeren und kältesten Raum k'' zwischen g und f führt. Endlich werden sie hier nochmals durch eine Scheidewand f' gezwungen, den ganzen Raum zu durchstreichen, um durch das Abzugsrohr g' den Abkühler zu erreichen.

Das Dephlegmirwasser fließt durch das Rohr h' zunächst in den äußeren Raum von g und kann hier gleichfalls durch eine einfache Scheidewand in gerade entgegengesetzter Richtung von der des Dampfes geleitet werden, bevor es durch eine Oeffnung in der Zarge ll in den inneren Raum von gg kommt. Das wärmere Wasser aus diesem Raume wird durch das Rohr i' in das Gefäß h geführt und findet nach völliger Erhitzung bei i'' einen Ablauf vom Dephlegmator zur Speisung des Dampfkessels.

Die Niederschläge unter der Wärmfläche des Vorwärmers fließen bei größerer Anhäufung durch das Rohr l' in die obere Blase; was davon bis zur nächsten Blasenfüllung noch zurückbleibt, wird mit dem Ablassen der Maische durch die Oeffnung m' entfernt, deren Verschluß mit o verbunden ist. Ebenso findet die Flüssigkeit, welche aus dem Raume unter dem Dephlegmator

durch das Tropfrohr n' nicht abfließen kann, durch o' einen Abfluß beim Füllen des Vorwärmers mit frischer Maische; und endlich dient auch das Rohr p' zur Ableitung der in dem Kranze ff condensirten Flüssigkeit,

Fig. 75.



wenn diese nicht durch das Hahnrohr q' einen Ablauf nach dem Kühler erhält.

Bei der Gewinnung von gewöhnlichem Branntwein zeigen die in den Dephlegmator gelangenden Dämpfe bereits einen hinreichenden Alkoholgehalt, so daß die Flüssigkeit, welche sich in dem Kranze ff niederschlägt, durch das Hahnrohr q' direct in den Abkühler zu leiten ist. Man schließt diesen Hahn deshalb nicht eher, als bis das Destillat nicht mehr hinreichend stark oder alkoholhaltig abfließt. Die Zuleitung von Dephlegmirwasser wird bei guter Maische nur nöthig, wenn ein stärkerer Rohspiritus gewonnen werden soll.

Die Beendigung des Abtriebs der unteren Blase wird durch den Hahn r'' erkannt, wozu man mit diesem Hahne den kleinen Kugelapparat verbinden kann. Es ist dies eine etwa 3zöllige Kugel, von Kupfer oder Messing getrieben, mit drei kleinen Rohransätzen, wovon der eine mit einer halbzölligen Oeffnung in einem Korke steckt, wodurch die Kugel und die Mündung des Hahns leicht zu verbinden sind. Das nach aufwärts gerichtete Röhrchen läuft in eine feine Spitze aus, während das nach unten gerichtete, kürzere, eine halbzöllige Oeffnung hat, die durch einen Korkstöpsel zu verschließen ist. Glaubt man die Destillation nahezu beendigt, so läßt man zunächst etwas Dampf durch den Hahn streichen, damit alle Unreinigkeiten, die sich hier während der Destillation angesetzt haben, mit fortgerissen werden. Hierauf steckt man die Kugel an die Mündung des Hahns und öffnet diesen nur schwach, damit keine zu starke Ausströmung des Dampfes erfolgt. Sobald dann die aus dem zugespitzten Röhrchen dringenden Dämpfe sich nicht mehr entzünden lassen, ist der Abtrieb als beendigt zu betrachten.

Die Hähne r''', r''', r''' dienen zur Anzeige der hinreichenden Füllung und um dabei, wo es nöthig ist, Luft eintreten zu lassen. Endlich gestatten die Mannlöcher t'' einen Zugang in die Blasen oder in den Vorwärmer, wenn dies, wie bei einer längeren Unterbrechung, nöthig werden sollte.

Zur Begründung der Construction des hier angegebenen Apparats kann zunächst angeführt werden, daß durch die Anwendung gußeiserner Böden der Verwendung des Holzes der Vorwurf einer geringeren Haltbarkeit nicht mehr zu machen ist. Diese geringere Haltbarkeit zeigte sich immer nur an den **Böden** und an den **Verbindungsstellen** für Röhren und Hähne. Die ungleiche Ausdehnung und das verschiedene Schwinden des Holzes, je nach seiner Länge und Breite, läßt eine gleiche Rundung der Böden nicht **erhalten**. Der Umfang der Fässer, aus starkem $2\frac{1}{2}$- bis 3zölligem rothem Föhrenholz, zeigt nach mehrjährigem Gebrauche keine Veränderung in dem Umfange der Fässer. Der zugespitzte oder keilförmige Rand der gußeisernen Böden gestattet das durchs Schwinden des Holzes mit der Zeit nöthige Nachbinden, welches hier mittelst der Reife mit Schrauben (Fig. 74) leicht möglich wird, indem sich die Böden dabei tiefer in das Holz drücken, was bei hölzernen Böden nicht möglich ist. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind hier Verbindungen durch Holz möglichst vermieden, und wo dies nicht der Fall sein könnte, wie z. B. an den Mannlöchern und Stopfbüchsen, sind diese nur mittelst Holzschrauben befestigt, da alle **durchgehenden** Schrauben, bei der ungleichen Ausdehnung von Holz und Metall, mit der Zeit undicht werden, was bei den Holzschrauben nicht zu befürchten steht.

Die eisernen Zwischenböden gestatten allein das Anbringen der beiden Maischblasen und des Vorwärmers in einem und demselben Gefäße, und dieses macht wieder allein die Ersparung einer Menge von Röhren und Hähnen möglich, was namentlich für kleinere Apparate von Wichtigkeit ist, da bei diesen weder Röhren noch Hähne in gleichem Grade zu verkleinern oder zu verengern sind. Die Verminderung der Anschaffungskosten für Brennapparate ist um so wichtiger, als die Erfahrung zeigt, daß auch die stärksten Kupfergefäße von der Maische und mehr noch von den fuseligen Dämpfen derselben schnell abgenutzt werden.

Die Zuleitung des Dampfes durch die Mitte des Bodens und seine gleichmäßige Vertheilung durch die Haube gewährt hier den wesentlichen Vortheil einer schnelleren Entgeistung der Maische. Die bessere Mittheilung der Dampfwärme beseitigt einen Hauptnachtheil der **Dampfdestillation**, die Abscheidung alkoholärmerer Dämpfe. Die hier angegebene Zuleitung des Dampfes ist namentlich bei größeren Gefäßen mit bedeutendem Durchmesser von Werth, die hier aber zuläßige Erweiterung desselben macht es wieder eher möglich, selbst Blasen von bedeutendem Inhalt unmittelbar über einander anzubringen.

Die **conische** Wärmfläche w des Vorwärmers bewirkt bei sehr concentrirten Maischen eine schnellere und gleichmäßigere Erwärmung, indem sie den Wechsel der erwärmten Theile mit den kälteren weit mehr befördert, als dies bei einer verticalen oder bei einer horizontalen Wärmfläche der Fall ist. Es findet auf der schiefen

Fläche vielmehr eine Verschiebung der verschieden erwärmten Theile Statt.

Die von der kalten Maische anfangs condensirten alkoholhaltigen Dämpfe finden in dem Raume unter der Wärmfläche hinreichend Platz, bis sie durch die nachfolgenden Dämpfe ihren größeren Alkoholgehalt wieder verlieren. Die Zurückleitung des im Dephlegmator niedergeschlagenen Phlegmas in den Vorwärmer verursacht hier um so weniger eine Verzögerung der Destillation, als bei der vollständigen Erwärmung der Maische im Vorwärmer diese hier schon zur Entgeistung oder Destillation kommt, was den Abtrieb beschleunigt und die möglichste Benutzung der Wärme gestattet.

Diese vollständige Erhitzung der Maische im Vorwärmer, die so wesentliche Vortheile bewirkt, wird hier ohne den geringsten Alkoholverlust erreicht.

Der **Siemens**'sche Dephlegmator ist in Fig. 76 mit einigen Abänderungen besonders gezeichnet.

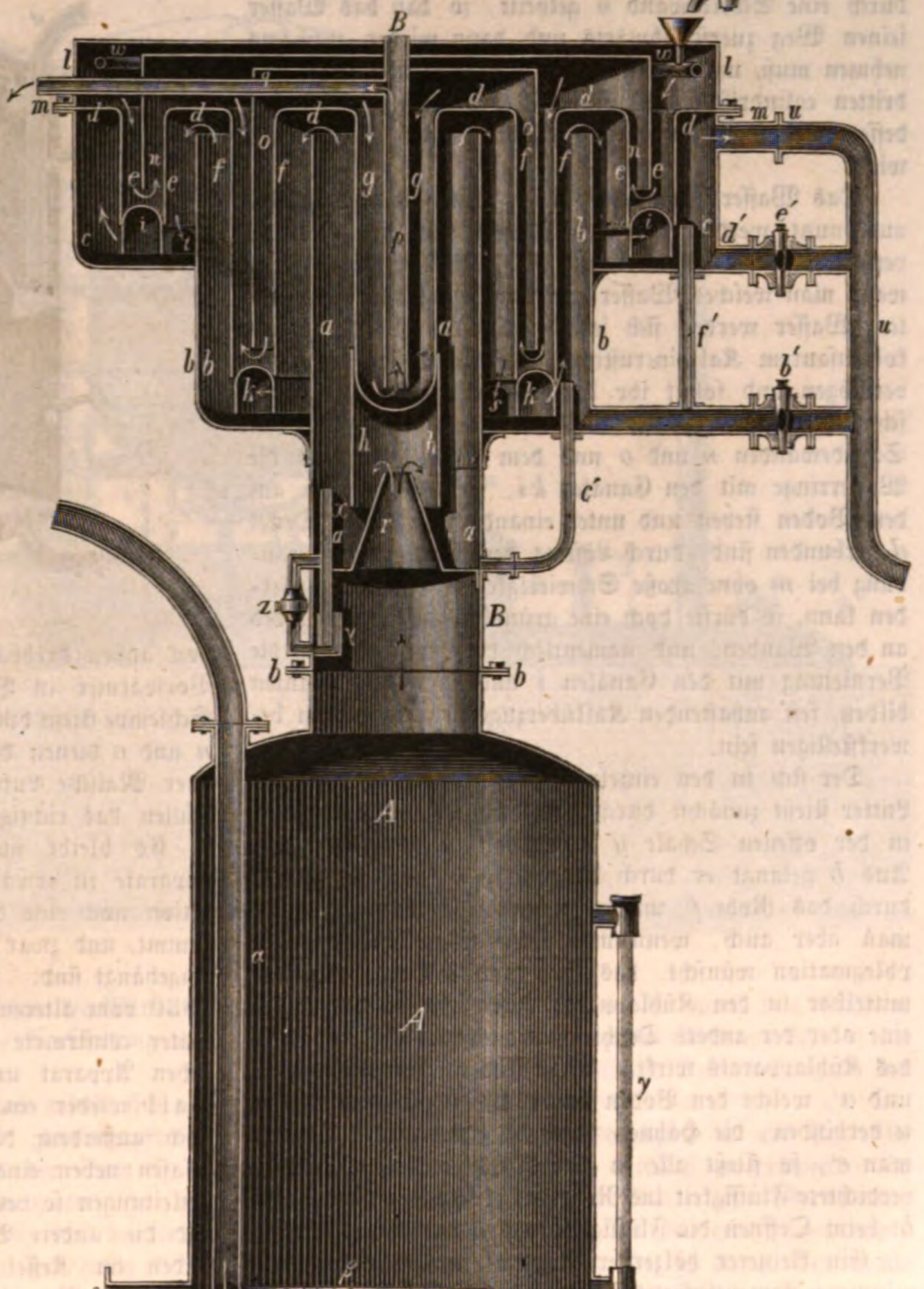
Er besteht wie in Fig. 73 aus drei concentrischen ringförmigen Dephlegmirräumen *a*, *b*, *c*, die durch drei ebenfalls concentrische ringförmige Wasserräume *e*, *f*, *g* gekühlt werden. Die Dephlegmirräume werden durch die in sie hinabhängenden Wasserringe jeder in einen äußeren und inneren Raum getheilt. Die Wasserräume *e* und *f* werden durch die Scheidewände *n* und *o* getheilt.

Die Dämpfe treten aus einem seitwärts liegenden Lutterbehälter eines Vorwärmers durch das Rohr α in das kreisförmig gebogene durchlöcherte Rohr β und strömen aus diesem in den Lutterbehälter *A* des Dephlegmators *B*. Das Rohr δ dient zum Ablassen des Phlegmas aus *A* in den Rectificator oder Lutterkasten des Vorwärmers. γ ist ein Glasrohr, welches den Stand der Flüssigkeit in *A* anzeigt.

Die Dämpfe strömen in der Richtung der Pfeile durch den oben offenen Kegel *r* und werden durch den am innersten Wasserring *g* befestigten Cylinder *hh* gezwungen, durch die im innersten Dephlegmirraum niedergeschlagene Flüssigkeit zu passiren. Darauf gehen sie aufwärts und gelangen in die innere Abtheilung des zweiten Dephlegmirraums *b*, an deren Boden sie in die Oeffnung *s* eines ringförmigen Canals *kk* eintreten, um an der entgegengesetzten Seite dieses Canals, wo er durch eine Scheidewand abgesperrt ist, durch eine Oeffnung in die äußere Abtheilung des Dephlegmirraums *b* wieder auszutreten. Von hier gelangen sie zuerst aufwärts und dann wieder abwärts steigend in

die innere Abtheilung des Dephlegmirraums *c*, werden hier durch die Wand des Wasserbehälters gekühlt und treten bei *t* in einen zweiten ringförmigen Canal *i*, aus welchem sie, nachdem sie ihn ganz durchlaufen haben, in

Fig. 76.



die äußere Abtheilung des Dephlegmirraums *c* kommen und endlich durch das Rohr *uu* in den Kühlapparat geleitet werden. Die Canäle *k* und *i* werden sich bald mit Flüssigkeit füllen; die Dämpfe müssen sich dann durch diese Bahn brechen. Mithin findet bei diesem Apparat nicht allein eine sehr vollständige Dephlegmation, sondern auch eine sogar vier Mal wiederholte Rectification Statt; nämlich zuerst durch das Rohr β in *A*, dann durch den Cylinder *h* in *a*, dann in dem Canal *k* und endlich in dem Canal *i*.

Das Dephlegmirwasser fließt in der den Dämpfen

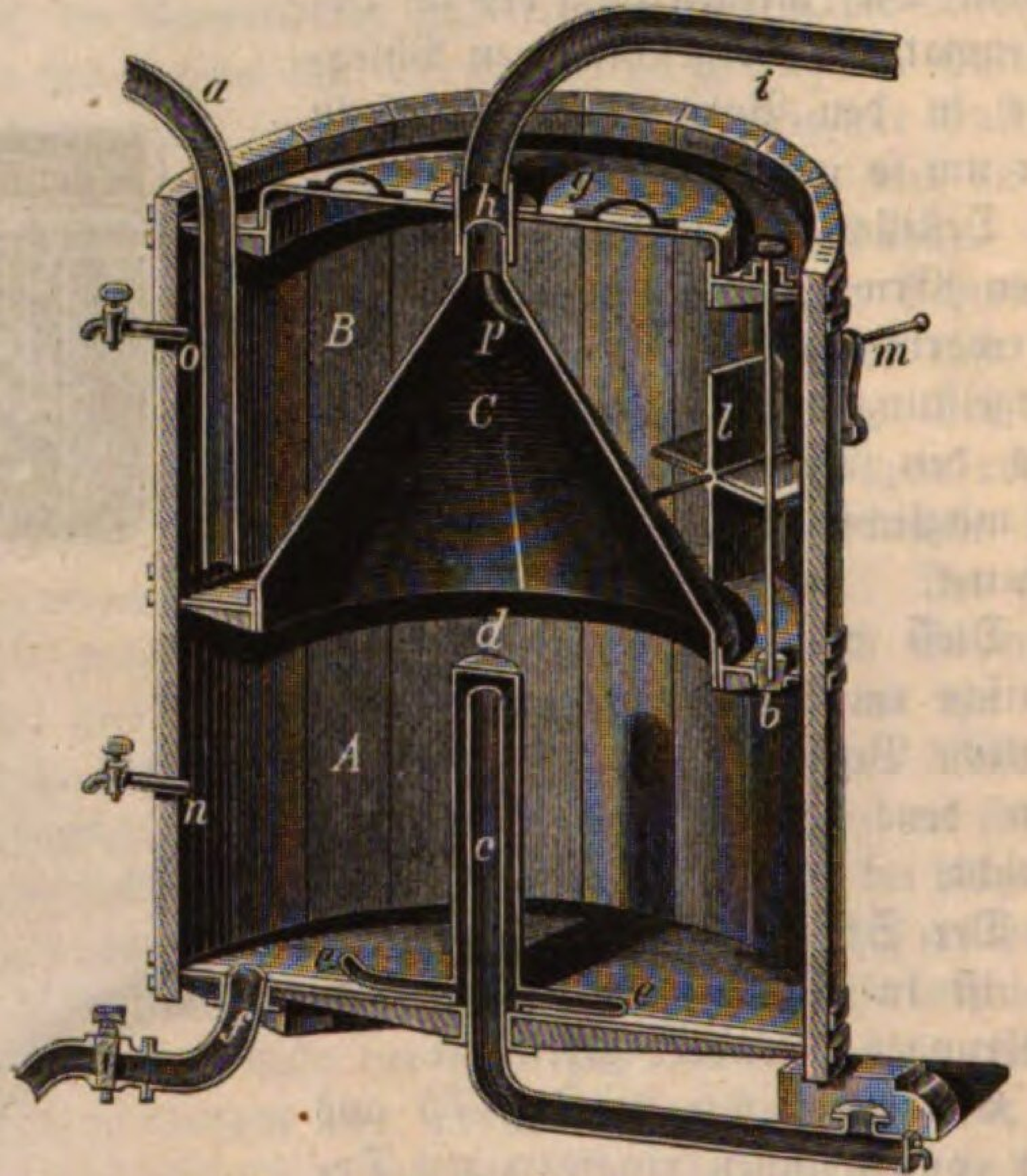
entgegengesetzten Richtung durch v in das ringförmig gebogene durchlöcherte Rohr w in den Wasserring e, dessen Boden durch den Canal i gebildet wird. Hier wird es durch die Scheidewand n gezwungen, zuerst abwärts bis nahezu auf den Boden zu strömen. Dann fließt es wieder aufwärts über den Deckel d, von wo es in den zweiten Wasserring f kommt. Auch dieser ist durch eine Scheidewand o getheilt, so daß das Wasser seinen Weg zuerst abwärts und dann wieder aufwärts nehmen muß, um sich über den inneren Deckel d in den dritten cylindrischen Wasserbehälter g zu ergießen, von dessen Boden es durch das Rohr p und q abgeleitet wird.

Das Wasser muß durch diesen weiten Lauf möglichst ausgenutzt werden und fast siedend heiß den Apparat verlassen. Diese weite Leitung ist gewiß sehr zweckmäßig, wenn man weiches Wasser zur Verfügung hat; bei hartem Wasser werden sich jedoch bald die Wände so mit kohlensaurem Kalk incrustiren, daß ihr Wärmeleitungsvermögen und somit ihr Dephlegmationseffect sehr geschwächt wird. Wenn auch der obere Theil mit den Scheidewänden n und o und dem Rohre pq und die Wasserringe mit den Canälen ki, welche nur lose auf dem Boden stehen und unter einander durch den Deckel d verbunden sind, durch Lösung der Flanschenverschraubung bei m ohne große Schwierigkeit abgenommen werden kann, so dürfte doch eine gründliche Beseitigung des an den Wänden, und namentlich da, wo sie durch die Vernietung mit den Canälen i und k scharfe Kanten bilden, fest anhaftenden Kalküberzugs sehr schwer zu bewerkstelligen sein.

Der sich in den einzelnen Abtheilungen verdichtende Lutter fließt zunächst durch das Rohr x, welches unten in der offenen Schale y steht, von a nach A zurück. Aus b gelangt er durch das Rohr c' nach a; aus c durch das Rohr f' und a' nach b. Gleichzeitig kann man aber auch, wenn man keine so vollständige Dephlegmation wünscht, das in b und c Verdichtete unmittelbar in den Kühlapparat leiten, so daß dann der eine oder der andere Dephlegmationsraum als ein Theil des Kühlapparats wirkt. Dazu sind an den Röhren d' und a', welche den Boden von c und b mit dem Rohre u verbinden, die Hähne e' und b' angebracht. Oeffnet man e', so fließt alle in dem Dephlegmationsraume c verdichtete Flüssigkeit ins Rohr u; ebenso leitet der Hahn b' beim Oeffnen die Flüssigkeit aus b nach u ab.

Ein kleinerer hölzerner Apparat zur Branntweingewinnung, namentlich aus Obstmaische, Weintrebern u. dgl. geeignet, wurde ebenfalls von Siemens construirt und ist in Fig. 77 dargestellt (nach Siemens, Beiträge zur Obstbenutzung, Stuttgart 1860). Er besteht einfach aus der Blase A und dem Vorwärmer B, ohne Rectificator oder Dephlegmationsvorrichtung. Der Vorwärmer wird durch das Rohr a gefüllt, sein Inhalt fließt durch das Ventil b in die Blase. Der Dampf wird durch das Rohr c zugeleitet und tritt durch die Kappe d und die an derselben befestigten Röhren ee in die Flüssigkeit. Die Dämpfe gehen durch den im Vorwärmer liegenden Kegel C, der bei seiner großen Oberfläche die Stelle eines Dephlegmators vertritt, und entweichen durch das Rohr h und i in den Kühlapparat. Der Vorwärmer ist durch den Deckel g verschlossen, die sich darin bildenden Dämpfe gehen durch das kleine Rohr p in den oberen Theil des Kegels C und entweichen mit den übrigen Dämpfen. l ist ein durch die Kurbel m

Fig. 77.



von außen drehbarer Rührapparat, um die Maische im Vorwärmer in Bewegung erhalten zu können. Die Schlempe fließt durch das Hahnenrohr f ab. Die Hähne n und o dienen dazu, um beim Ablassen der Schlempe oder Maische Luft einströmen zu lassen und um beim Füllen das richtige Niveau der Flüssigkeit zu bezeichnen.

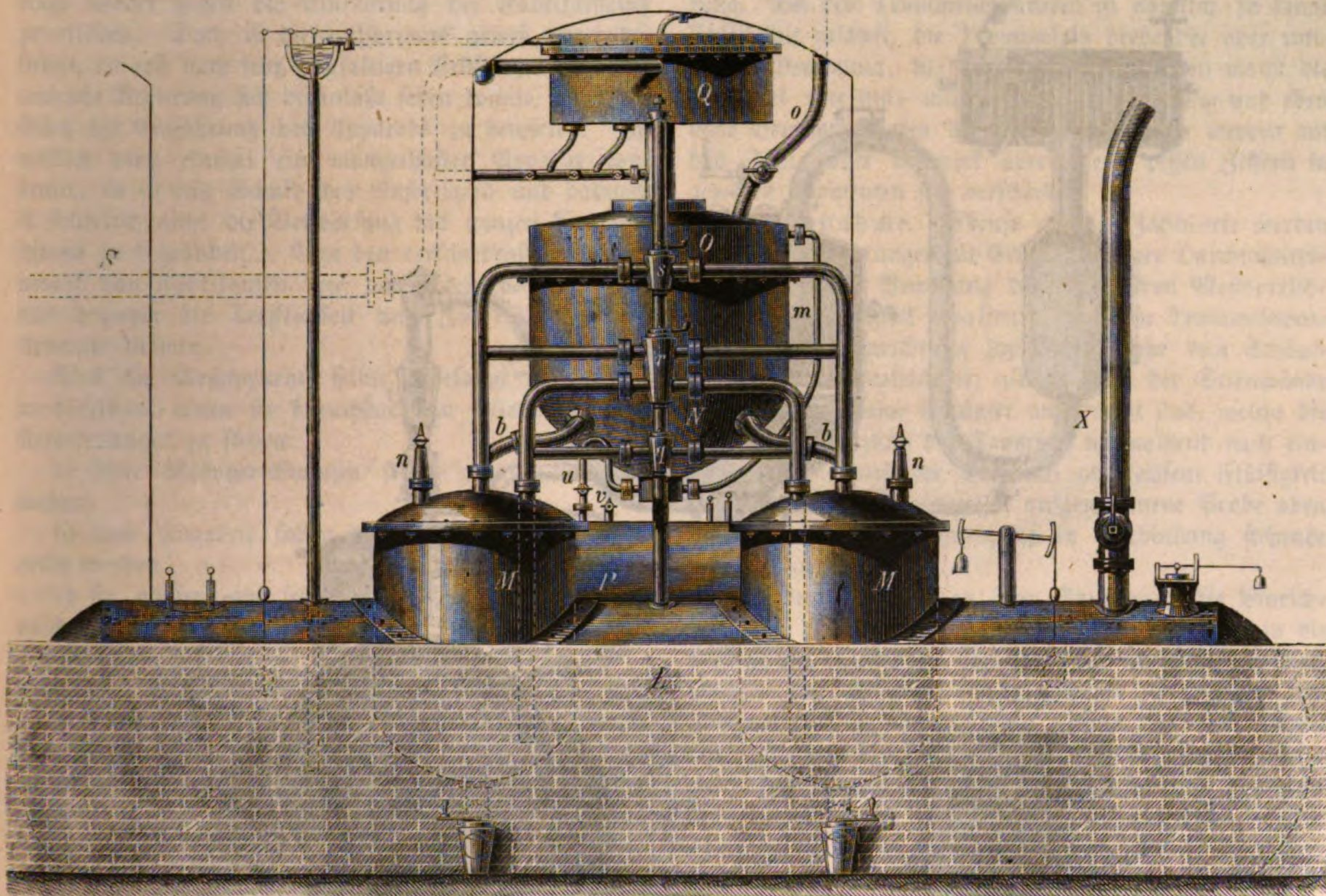
Es bleibt nun noch die letzte Art der Destillirapparate zu erwähnen, bei denen zu der Dampfdestillation noch eine directe Erwärmung der Blasen hinzukommt, und zwar so, daß die Blasen in den Dampfkessel eingehängt sind. Dieses Princip wurde schon ums Jahr 1830 vom älteren Siemens in Anwendung gebracht; später construirte Solimani in Frankreich einen ähnlichen Apparat und darauf wurde es namentlich von Gall wieder eingeführt. Der Gall'sche Apparat hat noch außerdem die Eigenthümlichkeit, daß die beiden Blasen neben einander stehen und durch passende Röhrenleitungen so verbunden sind, daß abwechselnd die eine und die andere Blase als erste fungiren kann. Diese beiden im Kessel hängenden Blasen, in Verbindung mit einem Vorwärmer und Dephlegmator von Siemens, sind als Hohenheimer Apparat bekannt und in Fig. 78 in äußerer Seitenansicht und in Fig. 79 in einem rechtwinklig zu der vorigen Figur stehenden Durchschnitt dargestellt.

L ist der Dampfkessel, MM die beiden Blasen, N der Lutterbehälter oder Rectificator des Vorwärmers O, Q der Dephlegmator, P ein Cylinder, in welchem der Lutter gesammelt wird, um von dort in den Dampfkessel getrieben zu werden.

Der Vorwärmer wird durch das Rohr o (Fig. 78) mit Maische gefüllt und diese kann durch die Röhren bb in eine der beiden Blasen abgelassen werden, aus denen die Schlempe durch das am Boden angebrachte

Rohr L (Fig. 79) abfließt. Auf dem Dampfkessel ist ein gerade stehendes Rohr mit den Hähnen q, r, s angebracht. Der Hahn q hat zwei Bohrungen, die erste geht von unten nach oben bis zur Mitte des Hahnenkörpers und die zweite steht rechtwinklig gegen diese, wie aus Fig. 79 ersichtlich ist. Je nachdem man nun diese Mündung gegen das links oder rechts liegende horizontale Rohr stellt, wird der Dampf aus dem Kessel in die links oder

Fig. 78.



rechts liegende Blase strömen. Stellt man die Mündung zwischen die beiden Röhren, so ist die Verbindung mit dem Kessel ganz abgeschnitten.

Vom oberen Theil einer jeden Blase erhebt sich ein Ableitungsrohr, ein anderes ist das Zuleitungsrohr, welches den alkoholischen Dampf aus der einen Blase in die andere leitet. Diese vier Röhren vereinigen sich in dem Hahne r, der so durchbohrt ist, daß bei seiner Oeffnung das obere horizontale Rohr der einen Blase mit dem unteren horizontalen Rohr der anderen Blase in Verbindung gebracht wird. Der aus der einen Blase kommende Dampf kann dann keinen anderen Weg finden, als durch die in der anderen enthaltene Flüssigkeit.

Die Verlängerung der beiden Dampfableitungsröhren trifft nach ihrer horizontalen Biegung in dem Hahne s zusammen. Dieser ist rechtwinklig, aber in horizontaler Richtung gebohrt, so daß er, wenn er die Dämpfe aus der einen Blase in den Vorwärmer entweichen läßt, für die andere geschlossen ist.

Denkt man sich die Stellung des Dampfhahns q so, daß die Dämpfe vom Kessel in die Blase rechts strömen, so werden die Dämpfe aus dieser durch den Hahn r durch das untere Rohr bis auf den Boden der Blase links gehen, aus dieser treten sie durch den Hahn s in den Vorwärmer. Eine falsche Richtung können die Dämpfe dabei nie nehmen, weil die Durchbohrungen der Hähne jeden anderen Weg abschneiden.

Die Einrichtung des Vorwärmers ist aus Fig. 79, die ihn durchschnitten zeigt, deutlich zu ersehen. Er besteht aus dem eisernen Lutterbehälter oder Rectificator N, in dem der untere Theil des kupfernen Maischvorwärmers O hängt, beide sind bei g durch Verschraubungen verbunden. Die aus dem Hahne s kommenden Dämpfe treten zunächst in den kleinen Behälter c, der zur besseren Vertheilung der Dampfwärme mit der Siebplatte c' bedeckt ist, und treten dann durch die Seitenwand des Vorwärmers an der durch Punkte angedeuteten Stelle in die ganz von Maische umgebene Wärmeröhre d, aus der die darin condensirte Flüssigkeit in den Lutterbehälter N zurückfließt. Von dort gehen die Dämpfe durch das Rohr e in den Behälter R, in welchem sich der aus dem Dephlegmator Q abfließende Lutter sammelt und durch die Dämpfe rectificirt wird. Ein von außen beweglicher Rührapparat befördert die gleichmäßige Erwärmung der Maische.

Der Dephlegmator ist ganz ähnlich wie der in den

übrigen Siemens'schen Apparaten (Fig. 73, 76, 77). Die Dämpfe gehen endlich durch ein gebogenes Rohr in den Röhrenkühlapparat S (Fig. 78). Das heiße Dephlegmirwasser fließt in den Dampfkessel ab.

Das Phlegma aus dem Behälter R kann durch den Hahn w in den Rectificator abgelassen werden und diesen entleert man durch Oeffnen des Hahns l in den Cylinder P. Der Lutter wird, wie oben erwähnt, zur

Fig. 79.

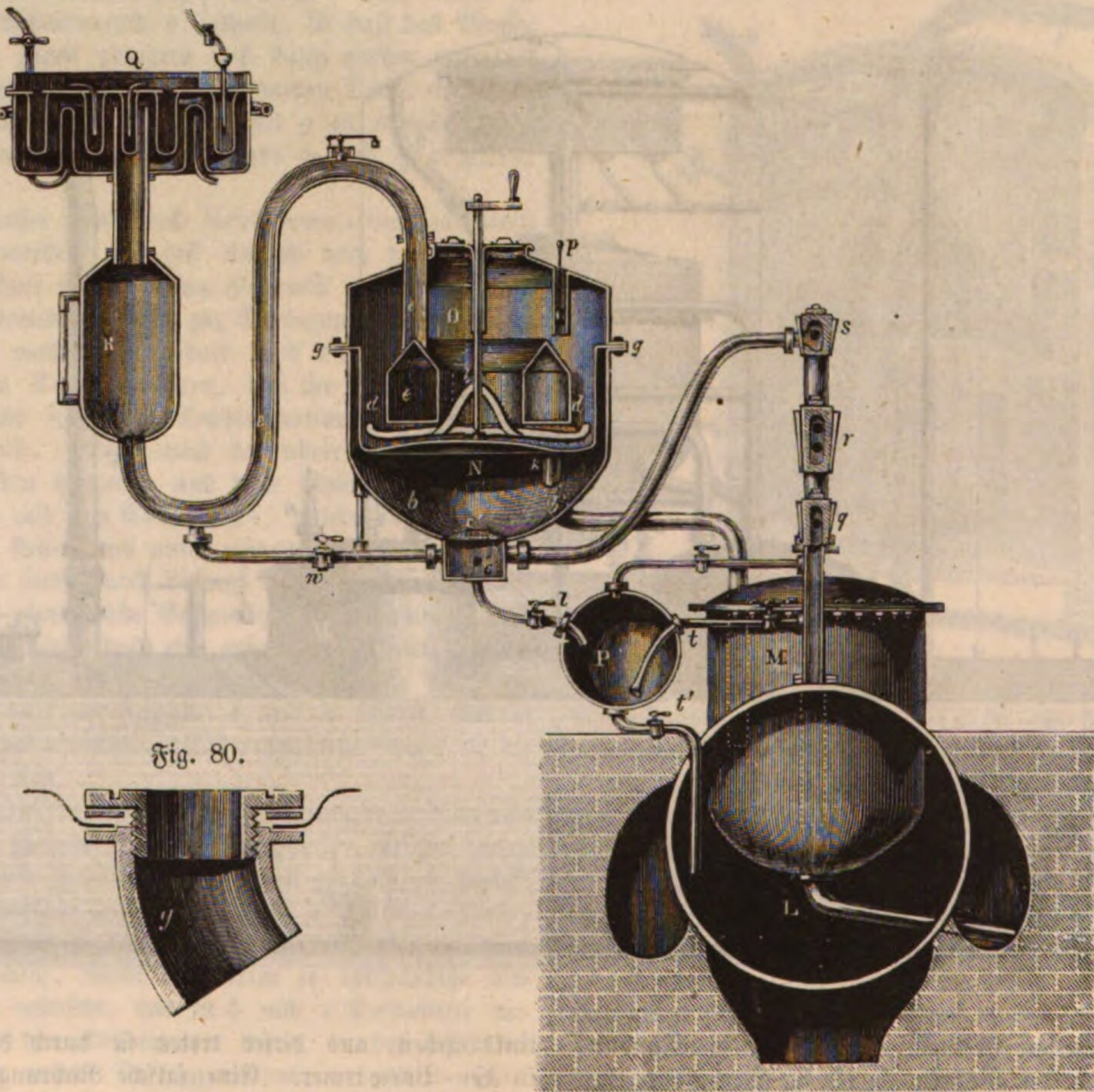


Fig. 80.

Speisung des Dampfkessels benutzt. Man schließt dazu den Hahn l und öffnet t und t'. Der durch t einströmende Dampf drückt dabei die Flüssigkeit in den Dampfkessel. Der Lutter wird also hier immer wieder gebraucht, um den Inhalt der Blasen abzutreiben. Da der Dampfkessel aber nicht allein zur Destillation, sondern auch zum Dämpfen der Kartoffeln, zum Betriebe der Maschinen &c. dient, wozu das Rohr X (Fig. 78) den Dampf liefert, so kann man den Lutter nicht zu beliebiger Zeit in den Kessel lassen, sondern muß hierfür einen Zeitraum wählen, wo der Kessel keine andere Verwendung, als zur Destillation findet, da man sonst den Alkoholgehalt des Lutters verlieren würde.

Controlapparate, Spiritusmeßapparate, Geistuhren. Der aus dem Kühlrohr ausfließende Spiritus ist marktfähige Waare und enthält je nach der Construction des Apparats, je nach der Leitung der Destillation von 80 bis 85 Proc. Alkohol; nur einzelne wenige Apparate gestatten die Gewinnung eines Products von 90 bis 92 Proc. Gehalt. In neuerer Zeit hat man nun noch einen Apparat construirt, durch welchen der Spiritus passiren muß, nachdem er das Kühlrohr verlassen hat und ehe er in die Lagerfässer gelangt. Es ist dies der Controlapparat, welcher dazu dient, selbstthätig die Quantität des erzeugten Products zu registriren und gleichzeitig, durch Entnahme kleiner Mengen und Ueberführung derselben in ein besonderes Sammelgefäß, die Qualität zu controliren. Es war die Erfindung solcher Apparate zunächst wünschenswerth, um die Besteuerung der Spiritusfabrikation von dem Gährraum auf das fertige Fabrikat verlegen zu können, wie in dem die Besteuerung der Spiritusfabrikation betreffenden Abschnitt (S. 194) auseinandergesetzt ist. Außerdem ist aber auch in solchen Brennereien, welche noch nicht unter der Fabrikatsteuer arbeiten, der Apparat höchst nützlich, um jeder Zeit einen genauen Einblick in den ganzen Betrieb thun zu können, da derselbe weit sicherer als die bislang angewandten Vorlagen gestattet, sich jeden Augenblick mit der größten Genauigkeit

von der Menge des gewonnenen Fabrikats zu überzeugen, und dadurch den ganzen Betrieb controlirt.

Es ist allerdings eingewandt, daß die bislang empfohlenen Apparate ihren Zweck nicht genügend zu erfüllen im Stande seien, und dieser Vorwurf ist auch ein wesentliches Moment gewesen, welches das preußische Landes-Oekonomie-Collegium veranlaßt hat, sich neuerdings wieder gegen die Einführung der Fabrikatsteuer zu erklären. Doch ist dieser Vorwurf gewiß ungerechtfertigt, da erst nach sehr sorgfältigen Prüfungen die österreichische Regierung sich veranlaßt sehen konnte, durch ein Gesetz die Einführung des Apparats zu bewirken. Ist wirklich auch einmal ein mangelhafter Apparat construirt, so ist das Schuld des Anfertigers und dadurch ist sicherlich nicht die Verwerfung des ganzen Controlsystems zu begründen. Von den verschiedensten Seiten, sowohl von Fabrikanten wie von Steuerbeamten hört man dagegen die Trefflichkeit und Zuverlässigkeit der Apparate rühmen.

Was die Meßapparate selbst anbelangt*), so sind an dieselben, wenn sie brauchbar sein sollen, folgende Anforderungen zu stellen:

a) Ihre Meßvorrichtungen sollen genaue Angaben machen;

b) diese Angaben sollen durch den Apparat selbst notirt werden;

c) sie müssen eine selbstthätige Vorrichtung haben, welche von einzelnen Portionen der durch den Apparat gehenden Flüssigkeiten Proben nimmt, um den durchschnittlichen Procentgehalt dieser Flüssigkeit zu erfahren;

d) sollen die Meßapparate gegen zufällige, muth- oder böswillige Einflüsse von außen her möglichst geschützt sein, damit weder eine Beschädigung eines der wirkenden Theile des Apparats, noch auch ein Stehenbleiben der Meßvorrichtung erfolgen könne.

Meßvorrichtungen. Diese unterscheiden sich in den drei in Oesterreich gesetzlich eingeführten Apparaten (von Rittinger, Stumpe-Holdmann und Jacquier, vergl. S. 205) in zwei Arten, indem die an den beiden letztgenannten befindlichen Trommeln im vollen Sinne des Worts abmessen, also directe Volumangaben nach Wiener Maßen machen; dagegen macht die im Rittinger'schen Apparate befindliche Schaufel nur dann für Spiritus directe Volumangaben, wenn derselbe mit einem Gehalte von 84 Proc. einfließt, in allen anderen Fällen müssen die Angaben der Meßschaufel corrigirt, nämlich mit einem bestimmten Factor multiplicirt werden, um die Anzahl der durch die Meßschaufel gegangenen Wiener Maße zu finden. Diese Correction ist deshalb erforderlich, weil bei dem Rittinger'schen Apparat der Umschlag und die Entleerung der Meßschaufel jedesmal dann stattfindet, wenn in dieselbe ein Quantum Spiritus eingeflossen ist, welches eben so viel wiegt, wie ein Maß Spiritus von 84 Proc. Von stärkerem Spiritus wird daher, weil dieser specifisch leichter, ein größeres, von schwächerem, weil dieser specifisch schwerer, ein geringeres Volum den Umschlag bewirken.

*) Die folgenden Angaben sind theils im Auszuge, theils wörtlich den S. 194 citirten Werken von Moser und Ritter entnommen.

Durch die Correction reducirt man dann die Angaben auf die Maße der Normalstärke.

Registrirung der Angaben. Die Quantität der durch den Apparat gegangenen Flüssigkeit wird durch ein Zählwerk ersichtlich und vermittelt werden diese Notirungen, d. h. die fortschreitende Bewegung der Ziffern des Zahlwerkes, durch die Bewegungen der Meßvorrichtung. Bei den Trommelapparaten ist nämlich, so lange Flüssigkeit zuläuft, die Trommel in drehender oder rotirender Bewegung, bei den Schaukelapparaten macht die Schaukel eine hin- und hergehende Bewegung und eben diese Bewegungsarten der Meßvorrichtungen werden auf das Zähl- oder Uhrwerk übertragen, dessen Ziffern in gewissen Momenten sich verschieben.

Probenahme. Ebenso wie die Zählwerke werden auch die Vorrichtungen zur Erlangung einer Durchschnittsprobe durch die Bewegung der eigentlichen Meßvorrichtungen in Thätigkeit erhalten. Bei den Trommelapparaten ist die Einrichtung zur Probenahme dem Schöpfrade insofern vergleichbar, als an einer der Stirnwände der Trommel kleine Schöpfer angebracht sind, welche die drehende Bewegung der Trommel mitmachend nach einander in die aus der Trommel abgelaufene Flüssigkeit untertauchen und die daselbst aufgenommene Probe oben in eine mit dem Sammelgefäß in Verbindung stehende Rinne abgeben.

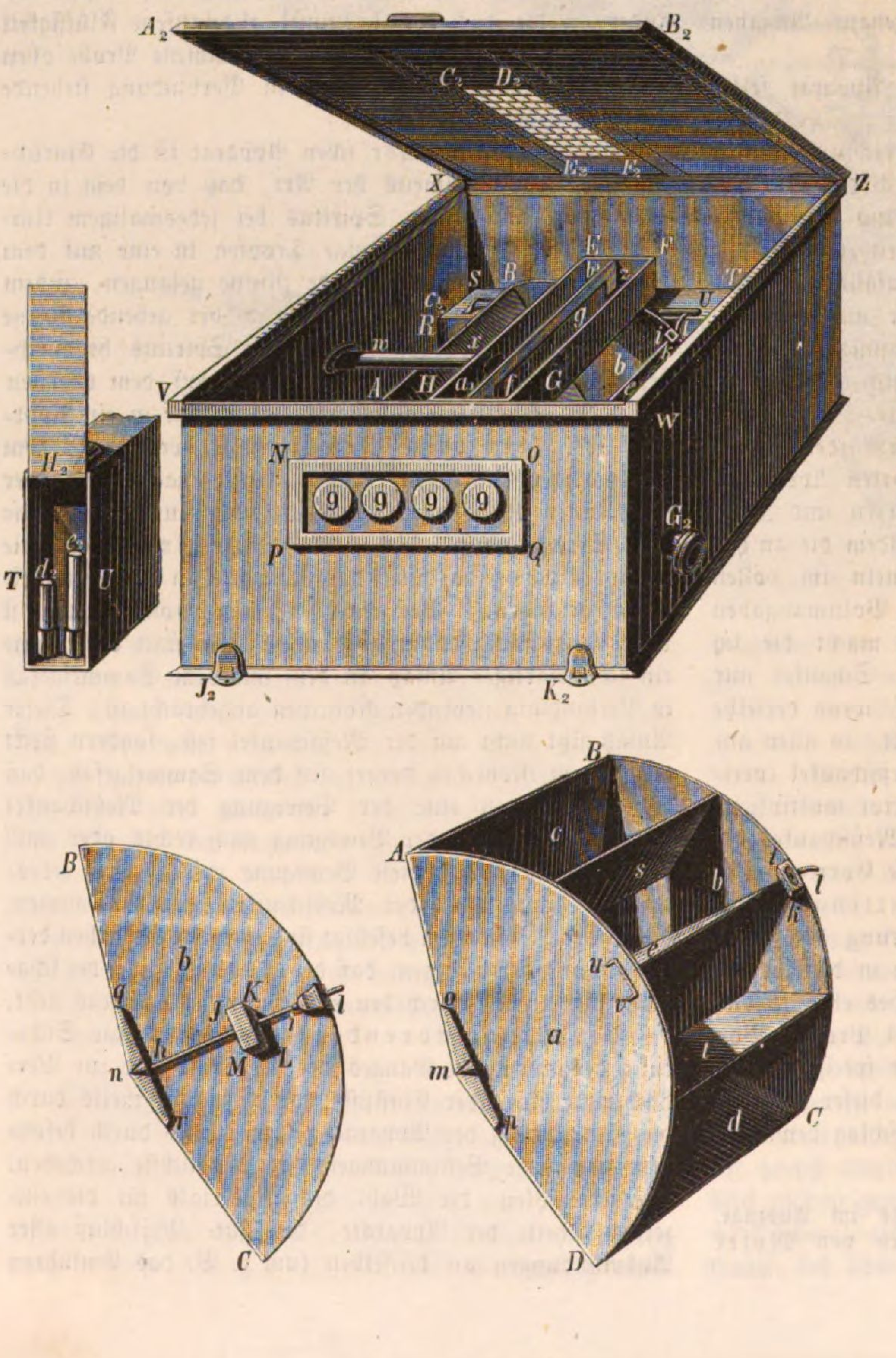
Bei dem Rittinger'schen Apparat ist die Einrichtung des Probenehmens der Art, daß von dem in die Meßschaufel fließenden Spiritus bei jedesmaligem Umschlagen der Schaufel einige Tropfen in eine mit dem Sammelgefäß communicirende Rinne gelangen, indem diese mit der Meßschaufel hin und her gehende Rinne durch den Strom des einfließenden Spiritus hindurchbewegt wird. Es ist zu dem Zweck auf dem obersten Theil der Schaufel ein Querschiffchen, eine in ein Röhrchen übergehende offene Rinne, befestigt, welches bei dem jedesmaligen Umkippen der Meßschaufel nach rechts oder links einen Kreisbogen beschreibt und auf diese Weise den Strom passirt, von dem einige Tropfen in die Rinne und von da durch das Röhrchen in das Sammelgefäß gelangen. Bei einer neueren Construction ist diese Einrichtung dahin abgeändert, daß statt der Rinne ein schalenartiger Ansatz an dem mit dem Sammelgefäß in Verbindung stehenden Röhrchen angebracht ist. Dieser Ansatz sitzt nicht auf der Meßschaufel fest, sondern steckt mit seinem Röhrchen derart auf dem Sammelgefäß, daß dieses Röhrchen eine der Bewegung der Meßschaufel parallele Drehung oder Bewegung nach rechts oder nach links machen kann; diese Bewegung erfolgt beim jedesmaligen Umschlagen der Meßschaufel mittelst Daumen, die an der Meßschaufel befestigt sind und das Röhrchen derart hin und her bewegen, daß dessen oberes Ende, der schalenartige Ansatz, durch den einströmenden Spiritus geht.

Verhütung störender Eingriffe. Zur Sicherung des normalen Ganges der Apparate und zur Verhinderung störender Einflüsse von außen ist theils durch die Einrichtung der Apparate selbst, theils durch besondere gesetzliche Bestimmungen das Möglichste geschehen. Hierher zählen: die Wahl des Materials für die einzelnen Theile der Apparate, der gute Verschluß aller Ausmündungen an denselben (um z. B. das Einführen

von Draht behufs der Anhaltung der Meßvorrichtungen erfolglos zu machen), die Einrichtung im Apparate, daß ein Anstauen durch Verschließen des Ablaufrohrs keinen Erfolg hat, indem die angestaute Flüssigkeit durch Oeffnungen, die am Boden des Apparatkastens angebracht sind, nach allen Seiten hin abläuft, also verloren geht, ohne daß der Gang des Apparats sistirt ist. Man hätte also von einem solchen Unternehmen gar keinen Gewinn und wird überdies jeder derartige Versuch durch die im Apparat aufgestellten Probegläser verrathen. Ferner sind hierher zu zählen: die gesetzlich vorgeschriebenen Anordnungen über die Umhüllungen der Meßapparate durch einen Holzkasten, über den amtlichen Verschluß der Apparate und die besondere Verschließung der Zählwerke, über die genaue Aufstellung der Meßapparate mittelst Wasserwage, über gewisse dem Steuerpflichtigen auferlegte Verpflichtungen, die sich theils unmittelbar auf die Meßapparate, theils auf den ganzen Betrieb erstrecken.

Der Rittinger'sche Apparat ist in Fig. 81 dargestellt, er besteht aus einem blechernen oben offenen Gefäße $ABCD$ mit zwei verticalen ab und zwei geneigten Seitenwänden cd nebst einer Mittelwand e, welche mit beiden letzteren gemeinschaftlich in einer Kante zusammentrifft und das Gefäß in zwei gleiche Fächer abtheilt. Die gedachte Bodenkante dient dem Gefäße als Achse für dessen schaukelförmige Bewegung innerhalb bestimmter Grenzen.

Fig. 81.



Die zu messende Flüssigkeit fällt aus einer Rinne $EFGH$ durch einen Schlitz fg so lange in das gehobene Fach, bis das allmälig steigende Gewicht desselben den Umschlag der Schaukel bewirkt und das gefüllte Fach niedersinkend sich entleert. Nunmehr gelangt die Flüssigkeit in das andere in Folge des Umschlagens gehobene Fach. Auch dieses sinkt, um sich zu entleeren, wieder nieder, sobald das Gewicht der aufgenommenen Flüssigkeit hinreichend groß ist. Sofort kommt die Reihe abermals an das erste Fach u. s. w. Dieses Spiel wiederholt sich fort und fort, so lange Flüssigkeit in die Fächer fällt. Kennt man die Capacität beider Fächer der Schaukel zusammengenommen und die Zahl der in einer gewissen Zeit erfolgten Doppelumschläge, so kann man daraus auf das Gesammtgewicht und (mit Hülfe des specifischen Gewichts) auf das Volumen der die Schaukel passirten Flüssigkeit schließen.

Zur genauen Feststellung und allfälligen Berichtigung der Capacität des Gefäßes dient ein Justirgewicht $JKLM$, welches seitwärts in der Ebene b der Mittelwand mittelst einer Schraube hi verstellbar ist.

Mit der Schaukel steht ein Zählwerk $NOPQ$ in Verbindung, das für jeden Doppelumschlag um eine Einheit weiter rückt und jede Zahl bis 9999 angeben kann. Da das Gewicht der Flüssigkeit bekannt ist, welche einen Doppelumschlag enthielt, so zeigt das Zählwerk das Gesammtgewicht der durch die Schaukel geleiteten Flüssigkeit.

Bei jedem Umschlage der Schaukel gelangt aus der Mittelrinne $EFGH$ eine kleine Partie der zu messenden Flüssigkeit in eine längs der oberen Kante ihrer Seitenwand angebrachte Querrinne ik (Querschiffchen), von wo dieselbe durch ein gebogenes Röhrchen l in ein Sammelgefäß $KSTU$ geleitet wird. Fließt also durch den Apparat z. B. Spiritus von wechselndem Alkoholgehalte, so repräsentirt der Alkoholgehalt des im Sammelgefäße befindlichen Probespiritus zugleich jenen, welcher der gemessenen ganzen Spiritusmenge im Durchschnitt zukommt.

Die Schaukel dreht sich auf Zapfen mit Stahlschneiden mn in Lagern von Achat. Die Enden der Stahlschneiden laufen in Spitzen aus, die zur Verhinderung einer seitlichen Verschiebung der Schaukel an verticale Seitenansätze $opqr$ sich anlegen.

Damit die Flüssigkeit in dem sich füllenden Fache beim reicheren Zufluß nicht in eine den richtigen Gang der Schaufel beirrende heftigere Wellenbewegung gerathen kann, ist in jedem Schaufelfache in der Richtung der Drehungsaxe ein Blechstreifen st angebracht, an dem die Wellen im letzten Stadium der Füllung sich brechen.

Die Schaufel ist mit dem Hebel des Zählwerks nicht direct verbunden, sondern an der dem Zählwerke zugekehrten Seite der Schaufel sind zwei Vorsprünge uv (Daumen) angebracht, welche jenen Hebel erst dann ergreifen, wenn die Schaufel schon einen Theil ihrer Bewegung vollbracht hat. Dieser Einrichtung zufolge wird die Schaufel im ersten Momente der Bewegung durch den Zählwerkshebel gar nicht beirrt und läßt sich auch ohne Lösung einer Verbindung leicht ausheben. Das Rohr wx, durch welches der Schaufel die zu messende Flüssigkeit zugeleitet wird, mündet in eine in der Richtung der Drehungsaxe laufende Querrinne $EFGH$ (Vertheilungsrinne), in der ein Längenschlitz fg mit über den Boden aufsteigenden Rändern angebracht ist. Die Flüssigkeit fällt durch diesen Schlitz unmittelbar in das gehobene Schaufelfach.

Die Probeflüssigkeit für das Sammelgefäß wird nicht dem über die Ränder des Längenschlitzes fg überfließenden Strahle der Flüssigkeit entnommen, sondern einem abgesonderten, der bei einer am Boden der Vertheilungsrinne angebrachten Oeffnung z heraustritt.

Zur Erhaltung einer stets gleichen Druckhöhe für den abgesonderten Strahl dienen die Ränder des Längenschlitzes.

Um zu verhindern, daß die Oeffnung durch Unreinigkeiten verlegt wird, ist in der Vertheilungsrinne der Länge nach noch eine Siebwand $a' b'$ aufgerichtet, welche die Flüssigkeit passiren muß, ehe sie zur Oeffnung gelangt.

Das Sammelgefäß $RSTU$ für die Probeflüssigkeit ist zum Herausheben eingerichtet. Es hat einen Rauminhalt von mehr als 1 wien. Maß und füllt sich um so langsamer, je enger die Zuflußöffnung z in der Vertheilungsrinne $EFGH$ oder je kürzer das Querschiffchen ik an dem Zuleitungsrohr l ist. Gewöhnlich erfolgt die Füllung, wenn 60 bis 70 Eimer Flüssigkeit durch den Apparat gelaufen sind.

Es hängt übrigens von der Größe der durch den Apparat zu controlirenden Spiritus-Erzeugung ab, wie groß die jedem Schaufelumschlage entsprechende Menge von Probespiritus sein soll. Als Regel gilt, daß dem Sammelgefäße in je acht Tagen des Brennereibetriebes wenigstens 1/4 Maß Spiritus zufließen soll.

Das Verdampfen der Probeflüssigkeit wird größtentheils durch deren allseitigen Abschluß verhindert; wesentlich trägt hierzu auch bei, daß an die enge Einflußöffnung des Sammelgefäßes ein heberförmig gekrümmtes Röhrchen, in dem eine luftdicht schließende kleine Flüssigkeitssäule zurückbleibt, angefügt ist, oder daß das Einflußröhrchen bis nahe an den Boden des Sammelgefäßes reicht und daher stets in die Probeflüssigkeit eintaucht. Es versteht sich übrigens von selbst, daß der Deckel des Sammelgefäßes eine kleine Oeffnung haben muß, durch welche die durch Probeflüssigkeit ersetzte Luft entweichen kann. Zum Entleeren der Probeflüssigkeit besitzt das Sammelgefäß einen Ausgußschnabel C', welcher mit einem Korkstöpsel geschlossen wird.

Die Schaufelvorrichtung und das Sammelgefäß — beide aus verzinntem Kupfer — sind in einem Kasten mit Wänden $VWXZ$ aus hartem Gußeisen eingeschlossen, der innen mit Kupferblech, aus dem auch die Rinnen und Röhren des Apparats bestehen, ausgefüttert ist.

Der Deckel des Kastens XZA_2B_2 hat verdeckte Scharniere und wird mittelst Durchstechbolzen gesperrt, durch deren Ohren eine Schnur zur sicheren Anlegung des amtlichen Verschlusses gezogen werden kann.

Ferner ist in diesem Deckel ein Schaufenster C_2D_2 E_2F_2 aus dickem Glas zur Beobachtung der Schaufelbewegung angebracht und durch ein Drahtgitter vor Beschädigung geschützt.

Die gemessene Flüssigkeit läuft durch eine seitwärts am Boden des Kastens angebrachte Oeffnung G_2 ab, die durch einen inneren Schirm gegen ein von außen versuchtes Einführen von Gegenständen verwahrt ist.

Um zu verhindern, daß durch stattfindende Hemmung des Ablaufs und daraus hervorgehende Stauung der Flüssigkeit im Kasten der Gang der Schaufel beirrt wird, besteht die Vorrichtung, daß alle bis zu einer gewissen Höhe aufgestaute Flüssigkeit durch eine seitliche und verdeckte, im Boden des Kastens mündende Oeffnung austreten kann, ohne die Bewegung der Schaufel gehemmt zu haben. Wollte man jedoch auch diesen Abfluß absichtlich aufhalten und so die Flüssigkeit noch höher stauen, so würden zwei an dem Sammelkasten TU von außen angebrachte und durch ein Thürchen H_2 gedeckte Gläschen d_2e_2 sich mit der Flüssigkeit füllen und die stattgehabte Hemmung des Abflusses anzeigen.

An zwei entgegengesetzten Seiten des Kastens sind unten je zwei vorstehende eiserne Ohren J_2K_2 angegossen; sie dienen zur Aufnahme von Schrauben, durch welche der Kasten auf seinem Postamente befestigt wird.

Von den zahlreichen übrigen Apparaten mag hier noch der von Nöggerath erwähnt werden, dessen Beschreibung und Zeichnung ich der Güte des Erfinders verdanke.

Eine Spiritusmenge, von der Gewicht und Volumen bekannt sind, gestattet in sehr einfacher Weise die Feststellung ihres Alkoholgehalts, indem zunächst aus dem absoluten Gewicht und dem Volumen das specifische Gewicht und aus diesem mit Hülfe der Tralles'schen Tabellen der Procentgehalt an Alkohol berechnet werden kann. Dabei kommt es aber, der Ausdehnung durch die Wärme halber, darauf an, Gewicht und Volumen bei einer Temperatur, die von der Normaltemperatur 15,5° C. nicht sehr abweicht, zu bestimmen, und zwar durch Vorrichtungen, welche in gleichem Maße Garantie für die Genauigkeit der Messungen und Sicherheit gegen Defraude gewähren. Daß dieselben außerdem nicht störend in den Betrieb eingreifen, sowie weitläufige Räumlichkeiten beanspruchen dürfen, und die Resultate ihrer Bestimmungen selbstständig und genau angeben müssen, ist selbstverständlich.

Damit diesen Anforderungen genügt werde, sind zwei getrennte Instrumente, ein Gewichtsmesser und ein Volumenmesser, erforderlich, welche den aus dem Kühlfasse heraustretenden Spiritus unmittelbar nach Ge=

wicht und Volumen bestimmen und demnächst dem Producenten zur beliebigen Verwendung zuströmen lassen. Die Thätigkeit dieser Instrumente muß durchaus selbstständig sein und jeden Eingriff in den Apparat Seitens Unberechtigter unmöglich machen.

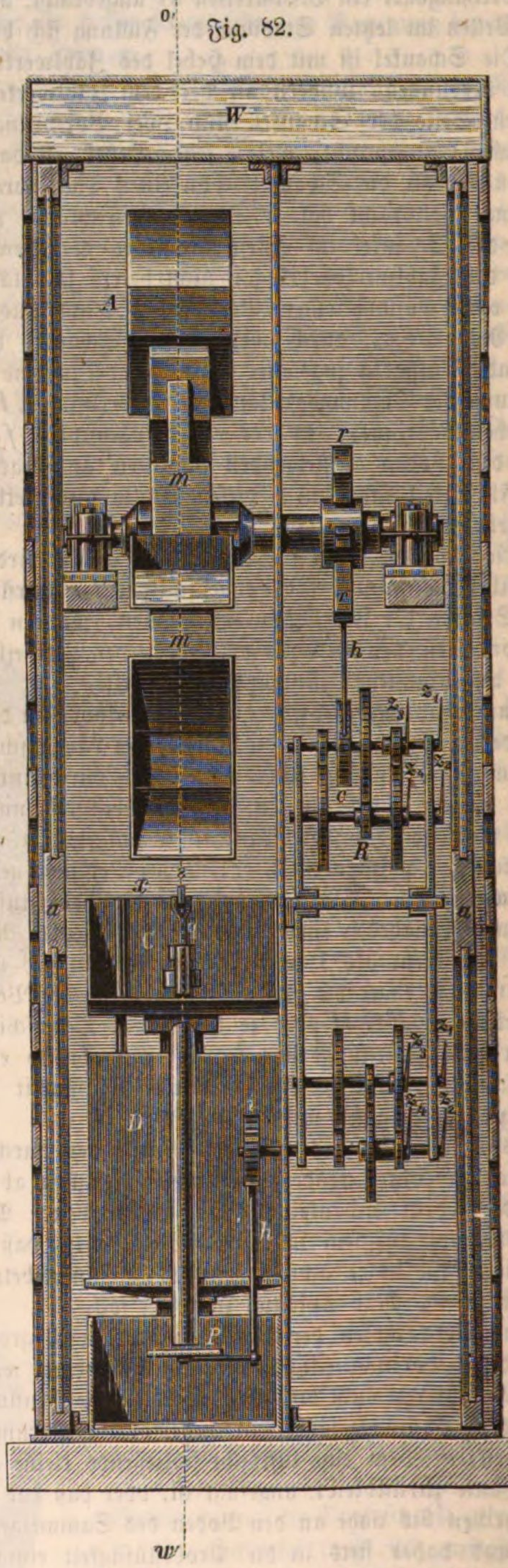
Folgender Apparat, beide Instrumente zusammen enthaltend, ist mit Rücksicht aller gestellten Bedingungen construirt und in Fig. 82 und 83 dargestellt. Fig. 82 ist der Hauptlängenschnitt nach der Linie *o' w'* und Fig. 83 der Querschnitt nach der Linie *o w*.

Gewichts- und Volumenmesser befinden sich in einem Kasten von starkem Blech, der nach vorn und hinten durch starke Thüren *aa*, die mit Glasscheiben versehen sind, so abgeschlossen ist, daß man die Vorgänge in demselben genau beobachten kann. Die beiden Seitenwände und die Decke werden von einer zweiten Blechwand umgeben, die in einem Abstande von 3 bis 4 Zoll von der ersteren angebracht ist. Der Zwischenraum beider ist mit Wasser *W* erfüllt, welches, um im Innern des Kastens die Normaltemperatur zu erhalten, circulirt. Ueber den Glasthüren sind in angemessenen Abständen Thüren mit Drahtgittern oder Metallstäben angebracht, welche, sorgfältig verschlossen und versiegelt, gleichzeitig Sicherheit gegen Beschädigung und Defraude, sowie Einsicht in das Innere gewähren. Der Kasten selbst ist der Länge nach durch eine Glaswand in zwei Theile getheilt, wovon der eine die Gewichts- und Volumenmesser, der andere aber die Räderwerke enthält, welche die Resultate der Thätigkeit jener Instrumente mittelst Zeiger auf Zifferblättern angeben.

Der obere Theil *A* der ersteren Kastenhälfte wird von dem Gewichtsmesser eingenommen und steht mit der Verlängerung der Kühlschlange in Verbindung, durch welche der Spiritus mittelst des Rohrendes *c* in die Becher *b* des Gewichtsmessers einströmt. Der Gewichtsmesser besteht aus einer Welle *d*, welche vier rechtwinklig auf einander stehende Arme *m* trägt, an deren Enden Becher *b* befestigt sind, welche sich so einstellen, daß stets der eine derselben horizontal mit seiner Mündungsfläche und zur Aufnahme des aus dem Rohrende strömenden Spiritus bereit steht. Sobald derselbe eine bestimmte Gewichtsmenge aufgenommen hat, dreht sich die Welle um 90°, wodurch der gefüllte Becher zum Ausguß gelangt und ein zweiter Becher an seine Stelle tritt. Das horizontale Einstellen der Becher und das Ausweichen derselben nach erfolgter Füllung wird durch den Hebel *l* bewirkt, welcher durch ein verstellbares Gewicht belastet ist und gegen einen der vier Daumen *r*, welche auf der Becherwelle befestigt sind, drückt. Der Druck des Hebels wird so abgemessen, daß derselbe dem durch die volle Becherfüllung im Daumen *r* erzeugten Gegendruck das Gleichgewicht hält. So lange die Füllung nicht vollständig ist, bleibt der Becher durch diese Vorrichtung in Ruhe erhalten, dagegen hebt die volle Becherfüllung mittelst des Daumens *r* den Hebel *l*, wodurch der Ausguß des Bechers ermöglicht wird. Ehe durch die neu stattfindende Drehung der zweite Becher sich eingestellt hat, ist der Hebel vermöge seiner Belastung, auf ein Stützlager zurückgefallen, und in den Stand gesetzt, jede über die horizontale Einstellung hinausgehende Bewegung des Bechers so lange aufzuhalten, bis nach erfolgter Füllung derselbe Druck des Daumens gegen den Hebel und dadurch dasselbe Spiel veranlaßt wird.

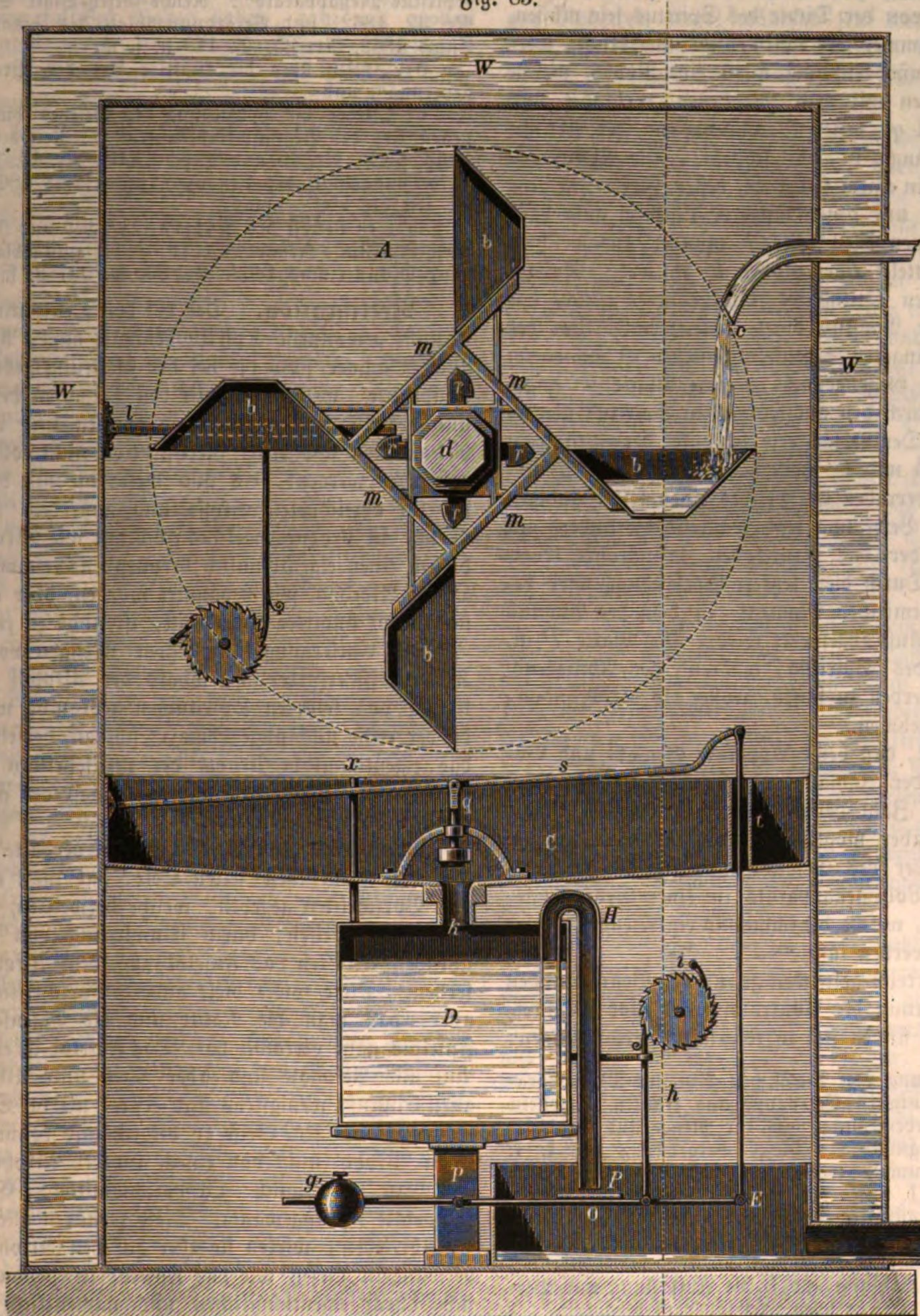
Die Bewegung des Hebels wird beim Zurückfallen vermittelst der Schubstange *h* auf ein Sperrrad *e* übertragen, das durch eine Sperrklinke gegen Rückwärtsbewegungen gesichert ist, zehn Zähne hat und die erhaltene Bewegung vermittelst des Räderwerks *R* so überträgt, daß die vier Zeiger z_1 z_2 z_3 z_4, welche sich über zehntheilig getheilten Zifferblättern bewegen, folgende Bewegungen machen. Wenn das Sperrrad sich

Fig. 82.



einmal gedreht hat, also zehn Becher geleert worden sind, so steht der Zeiger z_1, der sich zehnmal schneller dreht als z_2 auf 10, während z_2 auf 1 steht, und sich z_3 auf 0,1, dagegen z_4 auf 0,01 der Theilung einstellt, indem sich z_2 zehnmal schneller als z_3, und z_3 zehnmal schneller als z_4 bewegt. Man sieht leicht ein, daß der Zeiger z_1 die Einer, Zeiger z_2 die Zehner, Zeiger z_3 die Hunderte, Zeiger z_4 die Tausende der Füllungen auf

Fig. 83.



den Zifferblättern angiebt. So würde z. B. angezeigt werden, daß 3468 Becherfüllungen abgewogen sind, wenn z_4 zwischen 3 und 4, z_3 zwischen 4 und 5, z_2 zwischen 6 und 7 und z_1 auf 8 stände.

Die Becher gießen den abgewogenen Spiritus in einen Blechkasten *C*, der den Kasten horizontal durchschneidet und in zwei Hälften theilt. In der Mitte des gesenkten Bodens desselben ist eine Röhre *k* angebracht, durch welche der Spiritus in den Volumenmesser *D* fließt. Letzterer besteht aus einem allseitig geschlossenen Blechkasten, dessen Dimensionen aus Gründen, die aus dem Folgenden hervorgehen, nicht zu klein zu nehmen sind.

Der Volumenmesser, dessen Aufgabe es ist, das Volumen des producirten Spiritus ohne Rücksicht auf dessen specifisches Gewicht anzugeben, besteht aus vier Theilen, und zwar aus dem Meßkasten, der Zu- und Abflußvorrichtung und aus dem Zählapparat. Da die Zu- und Abflußvorrichtungen in ihren Functionen vollständig unabhängig von der Dichte des Spiritus sein müssen, so dürfen Schwimmer bei ihnen nicht angewendet werden. Die Zuflußvorrichtung k ist eine Röhre, welche den Sammelkasten mit dem Meßkasten verbindet und durch ein Ventil q, dessen Bewegung von der Abflußvorrichtung abhängig ist, sich schließt. Die Abflußvorrichtung besteht in einem Heber H, dessen kürzerer Schenkel im Meßkasten und dessen längerer Schenkel außerhalb desselben über einen Blechkasten E mündet, aus welchem der Spiritus mittelst einer Röhre F abfließt. Sobald sich der Meßkasten D und die Zuflußröhre k gefüllt haben, erfolgt der Ausfluß durch den Heber. Vor der Mündung des längeren Schenkels desselben ist auf einem Hebel mit dem Gegengewicht g eine Platte P angebracht, welche durch den ausströmenden Spiritus niedergedrückt wird. Der verlängerte Schenkel derselben trägt zwei Stangen h und t, wovon die erstere die Schubstange eines Sperrrades ist, welches einen selbstständigen Zählapparat in Bewegung setzt, während die andere mit dem Hebel s, der das Ventil der Zuflußröhre trägt, verbunden ist. Durch diese letztere Verbindung wird bewirkt, daß in demselben Moment, in dem der Ausfluß beginnt, der Zufluß abgesperrt wird. Die Platte P ist, um den Stoß des Spiritus, während des Abfließens, nicht zu klein werden zu lassen, größer als die Mündung des Hebers zu nehmen.

Man erkennt, daß beide Apparate Gewicht und Volumen mittelst der Zählapparate unabhängig von einander durch die Zahl der Füllungen angeben. Damit diese Angaben aber möglichst genau ausfallen, müssen sowohl die Becher des Gewichtsapparats als auch der Meßkasten des Volumenapparats in einer Größe angenommen werden, welche die immerhin eintretenden Fehler möglichst klein werden läßt. —

Die in Oesterreich geltenden gesetzlichen Bestimmungen über die Einführung der Controlapparate und Beschreibungen derselben finden sich in folgenden Verordnungen:

1) „Verordnung von künstlichen Spiritus-Meßapparaten bei der Branntwein-Erzeugung aus kranken Kartoffeln behufs der Steuerbemessung nach der Menge und Gradhältigkeit des Erzeugnisses." Dieser Verordnung des k. k. Finanz-Ministeriums, welche im Reichs-Gesetz-Blatte 1860, Stück LXVI. unter Nr. 250 und im Verordnungsblatt für den Dienstbereich des österr. Finanz-Ministeriums Jahrg. 1860, Nr. 56, S. 363 u. f. w. zu finden ist, sind zwei Beilagen A und B angehängt, wobei A die Erklärung, Beschreibung und Prüfung und B die Aufstellung und Verwendung des Rittinger'schen Meßapparats behandelt.

2) Verordnung des k. k. Finanz-Ministeriums: „In Betreff des Stumpe-Holdmann'schen Spiritus-Meßapparats und Berichtigung der Gebrauchs-Instruction des Rittinger'schen Meßapparats," enthalten im Reichs-Gesetz-Blatt 1861, Stück III. Nr. 4 und im Verordnungsblatt des Finanz-Ministeriums 1861, Nr. 3, S. 11 u. f. w. In dieser Verordnung sind sub A und B die Erklärung, Beschreibung, dann die Vorschriften über Prüfung, Aufstellung und Verwendung des Stumpe-Holdmann'schen Meßapparats enthalten.

3) „Abänderung, beziehungsweise Ergänzung der den Rittinger'schen und den Stumpe'schen Spiritus-Meßapparat betreffenden Prüfungs- und Gebrauchsvorschriften," im Reichs-Gesetz-Blatt 1862, Stück XVII. unter Nr. 33, im Verordnungsblatt des Finanz-Ministeriums Jahrg. 1862, unter Nr. 25, S. 145 u. f. w. enthalten.

4) „In Betreff der Prüfung und gefällsämtlichen Verwendung eines von Franz Jakob Jacquier erfundenen Spiritus-Meßapparats": Reichs-Gesetz-Blatt Stück XVII. Nr. 32, 1862, und Verordnungsblatt des Finanz-Ministeriums 1862, Nr. 25, S. 149 u. f. w.

5) „Gesetz über die künftige Art der Branntweinbesteuerung", und

6) „Ueber die Vollziehung des Gesetzes hinsichtlich der neuen Art der Branntweinbesteuerung": Reichs-Gesetz-Blatt Stück XXII. Nr. 45 und Stück XXIII. Nr. 47, 1862; dann Verordnungsblatt des Finanz-Ministeriums 1862, Nr. 31, S. 181 bis 202; endlich

7) „In Betreff des Rittinger'schen und Jacquier'schen Spiritus-Meßapparats": Verordnungsblatt des Finanz-Ministeriums 1862, Nr. 36, S. 227 u. f. w.

Rectification. Der bei der Destillation aus der Maische gewonnene Spiritus enthält außer Alkohol und Wasser immer noch die bei der Gährung gebildeten Bestandtheile, welche sich mit den Dämpfen des Alkohols und des Wassers verflüchtigen können und bei der Dephlegmation und ersten Rectification nicht vollständig abgeschieden werden. Es sind dieses die mit dem Namen Fuselöl bezeichneten Stoffe und außerdem in geringer Menge ein Product, welches flüchtiger wie Alkohol ist und diesem einen eigenthümlich brennenden Geschmack ertheilt. Ob es Aldehyd, wie behauptet worden, oder ein anderer noch nicht studirter Körper ist, ist nicht zu entscheiden.

Die Entfernung der letzten Mengen von fremden Körpern ist erforderlich, sobald der Alkohol zur Anfertigung von feineren Spirituosen gebraucht werden soll, da der reine und angenehme Geschmack derselben, sowie das eigenthümliche Aroma der zuzusetzenden ätherischen Oele durch den Geruch und Geschmack der Fuselöle beeinträchtigt werden würde.

Indem man glaubte, das Fuselöl verhalte sich ähnlich wie die eigentlichen fetten Oele, hat man eine Menge von Vorschriften gegeben, welche bezweckten, durch Bildung von Seifen, durch Einwirkung von Kalk oder ätzenden Alkalien das Fuselöl aus dem Alkohol zu entfernen. Diese sowie viele andere Vorschriften beweisen aber, daß man die Natur und die Eigenschaften des Fuselöls ganz verkannt hat. Das Fuselöl ist ein Alkohol. Auf alle Alkohole sind aber Kalk und Alkalien ohne allen Einfluß, wenigstens sind erstere nie im Stande, mit einem Alkohol eine Seife zu bilden, und können also den einen Alkohol nicht von einem anderen Alkohol trennen.

Man hat auch Oxydationsmittel, Chromsäure, Chlorkalk 2c. angewandt. Diese zerstören allerdings das Fuselöl, ebenso wirken sie aber auf den Alkohol ein und verwandeln diesen wie das Fuselöl in Producte, welche sich durch eigenthümlichen und namentlich nach längerem Lagern höchst unangenehmen Geruch auszeichnen.

Der einzige Körper, welcher wirklich eine annähernde Trennung der beiden Alkohole hervorbringen kann, ist die frisch ausgeglühte Holzkohle. Diese fixirt das Fuselöl und läßt den Alkohol in reinerer Form abdestilliren. Die Einwirkung der Holzkohle erstreckt sich aber nur auf verdünnten Alkohol; concentrirter Alkohol kann dagegen die Gesammtmenge des absorbirten Fuselöls der Kohle wieder entziehen.

Um daher den Spiritus vom Fuselöl zu befreien, verdünnt man ihn zunächst mit Wasser auf etwa 50° und läßt ihn dann 24 Stunden lang mit frisch ausgeglühter Kohle, die entweder fein gepulvert oder in wallnußgroßen Stücken angewandt wird, in Berührung. Am zweckmäßigsten füllt man Fässer, welche unten einen durchlöcherten falschen Boden haben, ganz mit groben Holzkohlenstückchen an, läßt den verdünnten Weingeist 12 bis 24 Stunden darauf lagern und zieht ihn dann auf ein zweites eben solches Kohlenfaß. Unterwirft man dann den Alkohol in einem zweckmäßig eingerichteten Destillationsapparat einer Rectification, so bekommt man in der ersten geringen Menge die flüchtigsten Stoffe, welche durch die Kohle nicht aufgenommen werden, alsdann folgt reiner Alkohol und nur die letzte Menge des Destillats ist durch Fuselöl verunreinigt.

Die Rectification pflegt nur in seltenen Fällen in den Brennereien selbst vorgenommen zu werden, meistens wird der Rohspiritus in den Handel gebracht und eigene Fabriken beschäftigen sich mit der Reinigung. Den rectificirten Spiritus bezeichnet man als Sprit, um ihn vom Spiritus zu unterscheiden.

Die zum Rectificiren angewandten Destillationsapparate sind fast ebenso mannigfaltig wie die zur Abscheidung des Alkohols aus der Maische; sie unterscheiden sich von jenen wesentlich dadurch, daß sie selten oder nie durch freies Feuer geheizt werden und daß der Wasserdampf nicht frei einströmt, sondern entweder in geschlossenen Spiralröhren, oder in einem Mantel, welcher durch eine doppelte Wand gebildet wird, oder endlich sowohl in Spiralröhren wie auch im Mantel circulirt und nur durch die Wände derselben seine Wärme an die Flüssigkeit abgiebt. Ferner finden sich bei den Rectificationsapparaten keine Vorwärmer, dagegen stets eine größere Anzahl von Rectificatoren und Dephlegmatoren.

Fig. 84, 85 und 86 zeigen die Einrichtung des in den Spritfabriken verbreitetsten sogenannten französischen Colonnenapparats, dessen Rectificationsvorrichtung im Princip dieselbe ist wie bei den Apparaten von Derosne und Cellier-Blumenthal (vergl. S. 264). Zeichnung und Beschreibung desselben verdanke ich der Gefälligkeit des Herrn Professor Siemens in Hohenheim.

Er besteht aus der eisernen Destillirblase A, der kupfernen Rectificationssäule B, dem Röhrendephlegmator C und dem Kühler D. Die Erhitzung erfolgt durch ein am Boden der Blase liegendes Spiralrohr mit geschlossenem Dampf. Die Blase wird meist sehr groß angefertigt, so daß eine Destillation oft mehrere Tage in Anspruch nimmt. Es wird dadurch ein größeres Quantum des Destillats als Feinsprit oder hinreichend rein gewonnen; die ersten und letzten Portionen des Destillats sind stets verunreinigt, da ein Theil der Verunreinigungen flüchtiger, ein anderer minder flüchtig als der reine Alkohol sich zeigt; am meisten wird aber das erste Product durch die im Apparate selbst befindlichen oder zurückgebliebenen Fuseltheile der vorhergehenden Destillation verunreinigt. Die Füllung der Blase erfolgt aus dem Behälter E. Die Rectificationssäule wird durch wenigstens zwanzig kupferne Platten in eben so viel Abtheilungen getrennt und jede dieser Platten ist nach der Größe des Apparats drei oder fünf Mal durchbohrt. In diese Durchbohrungen sind kleine Röhrchen eingesetzt, welche etwa einen Zoll hoch über die Platte hervorragen und über denen dann eine kleine Glocke so befestigt ist, daß ihre Ränder fast die Platte berühren. Andererseits ist in jeder Platte ein oben und unten offenes Rohr befestigt, dessen oberer Rand in einer Ebene mit den übrigen Röhrchen liegt, während sein unterer Rand dicht über der zunächst darunter liegenden Platte in einem kleinen Schälchen sich befindet, wie aus den Detailzeichnungen Fig. 84 hervorgeht.

Die Dämpfe der siedenden Flüssigkeit steigen aus der Blase in die Rectificationssäule, werden zunächst verdichtet und sammeln sich nun auf den unteren Platten, bis die Flüssigkeit daselbst zunächst eine solche Höhe erlangt hat, daß sie die Glocken absperrt. Die Dämpfe werden dann unter den Glocken her sich ihren Weg durch die condensirte Flüssigkeit bahnen, diese erwärmen und so eine Rectification bewirken. Nach und nach wird so viel Flüssigkeit auf der untersten Platte condensirt sein, daß ihr Niveau bis zur Höhe des Abflußröhrchens reicht, welches dann den Ueberschuß in die Blase zurückleitet. Ebenso wirken die folgenden Platten. Die condensirten Dämpfe sperren die Glocken ab, das Destillat wird rectificirt, der Ueberschuß gelangt durch das Abflußrohr auf die zunächst darunter liegende Platte u. s. w., bis die Dämpfe, nachdem sie zwanzig Mal rectificirt sind, in den Dephlegmator gelangen.

Der Dephlegmator besteht aus einem, meist aber aus zwei langen schmalen und hohen Wasserbehältern von Eisenblech, worin die verticalen durch Knieröhren verbundenen Dephlegmirröhren a sich befinden. Zweckmäßiger werden, wie hier angegeben, die Behälter durch hölzerne Querwände b getheilt und es befinden sich dann je zwei Röhren in einer Abtheilung. In diesen Röhren circulirt der durch das Verbindungsrohr c aus der Rectificationssäule zugeführte Dampf, während von der entgegengesetzten Seite das Dephlegmirwasser vom Kühler durch das Rohr d zufließt.

Das Phlegma der in den Röhren condensirten Dämpfe wird durch die unteren engeren Röhren e der Rectificationssäule wieder zugeleitet; diese sogenannten Retourröhren erhalten eine Biegung nach aufwärts, damit sie mit Flüssigkeit gefüllt bleiben, die den directen Durchgang der Dämpfe hindert; der kleine Hahn in der Biegung dient zum völligen Ablassen der Flüssigkeit, wenn der Apparat außer Gebrauch steht.

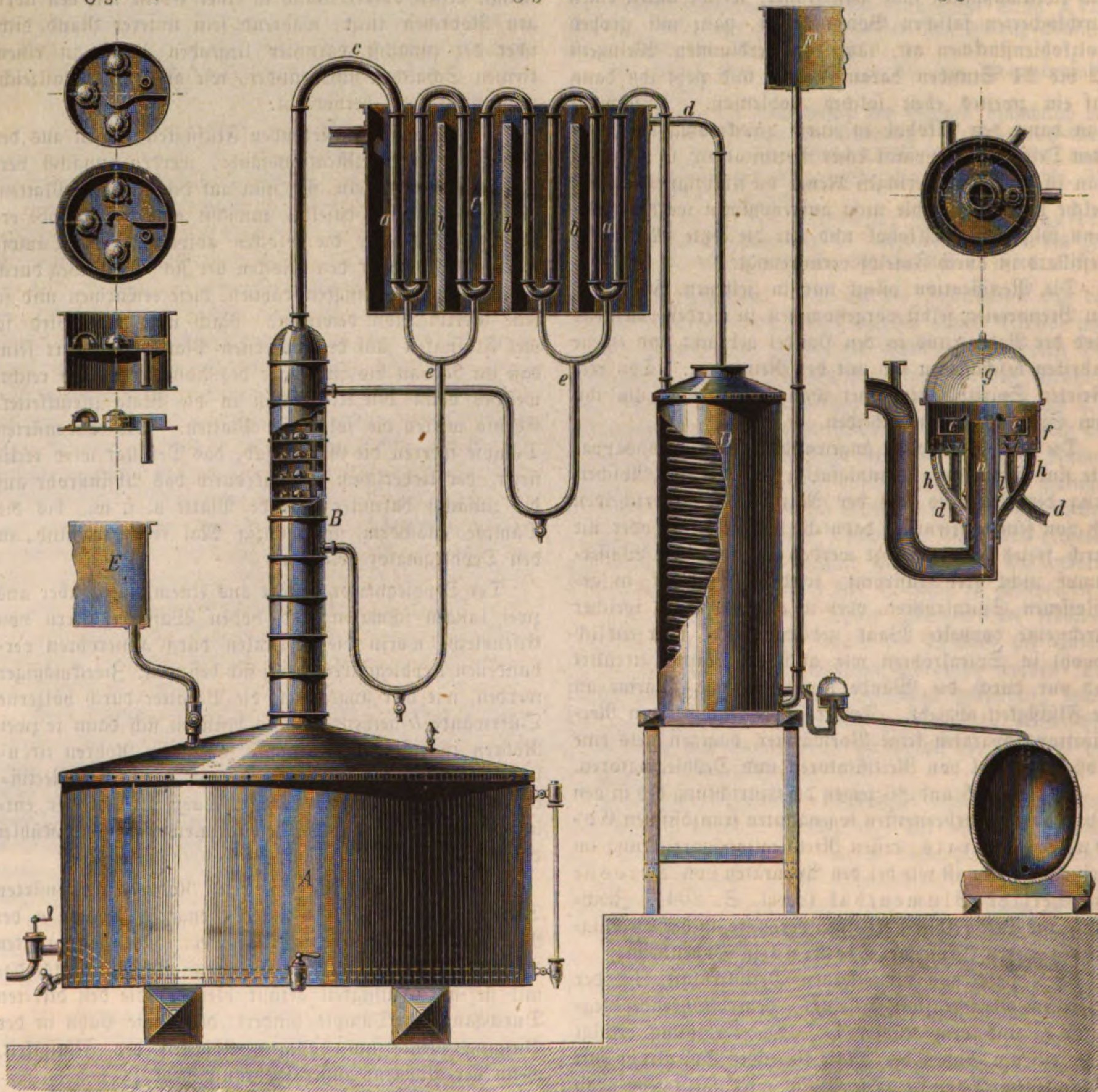
Der Abkühler D wird von Eisenblech ganz verschließbar hergestellt und enthält ein flach gewundenes Kühl- oder Schlangenrohr. Die Zuleitung des Kühlwassers erfolgt aus einem höher stehenden Behälter F.

Der Apparat liefert ein Product von 90 bis 92 Proc. nach Tralles, wovon aber selten mehr als zwei Drittheile der eingefüllten Alkoholmenge von der obigen Stärke als Feinsprit zu verwerthen ist; durch eine von Siemens vorgenommene Aenderung in der Rectificationssäule, wodurch das Stehenbleiben von Flüssigkeit auf den Abtheilungen vermieden und auch eine innige Berührung dieser Flüssigkeit mit dem Dampfe bewirkt wird, gewinnt man bis 80 Proc. der Blasenfüllung an Alkohol als Feinsprit zu einer Stärke von 95 bis 96 Proc. Tralles.

Der an der Mündung des Schlangenrohrs hier angebrachte Verschluß von Siemens erlaubt eine bequeme Trennung des reinen von dem weniger reinen Destillate. Fig. 85 giebt die Einrichtung vergrößert. Die Construction desselben ist durch die S. 241 gegebene Beschreibung desselben von selbst verständlich.

Bei dem auf der Ausstellung in London (1862) aufgestellten Colonnenapparate war die mangelhafte Con-

Fig. 84. Fig. 85. Fig. 86.



struction der Dephlegmatoren dadurch beseitigt, daß man statt der verticalen Röhren geneigt liegende in der Form ovaler Schlangenröhren angebracht, wodurch die ersten Windungen in dem mehr erwärmten Wasser sich befinden und die Dämpfe erst nach und nach mit den unteren kälteren Wasserschichten in Berührung kommen, wie dies schon früher auf ähnliche Weise bei älteren französischen Apparaten der Fall ist. Immerhin liefern einfache runde Röhren, und wenn sie auch horizontal liegen, keine geeignete Form zur zweckmäßigen Dephlegmirung. —

Bei der Verarbeitung der Rohstoffe auf Spiritus oder Branntwein hat man wesentlich zu unterscheiden, ob dieselben Stärke oder Zucker enthalten, da bei letzteren die Operation des Zuckerbildens, das Maischen nicht mehr erforderlich ist. Ist bei den anderen die Stärke in Zucker verwandelt, so sind die übrigen Processe wesentlich gleich. Die Verarbeitung der Stärke enthaltenden Rohstoffe ist jedenfalls die wichtigere, da sie in der Praxis am häufigsten ausgeführt wird. Der bei weitem größere Theil des Spiritus wird aus den Getreidearten und den Kartoffeln gewonnen. Von den zuckerhaltigen Stoffen kann bei uns nur die Melasse, der Syrup der Runkelrübenzuckerfabriken, zur Verwendung kommen, weil durch das System der Besteuerung jeder Rohstoff, der nicht einen möglichst hohen Ertrag vom Gährraum sichert, von selbst ausgeschlossen ist. In Frankreich und auch in Würtemberg, wo derartige Hemm-

nisse nicht existiren, verarbeitet man auch viel Zuckerrüben, namentlich liefern dort aber die alkoholreichen Weine den Rohstoff zur Branntweinfabrikation. Wir können demnach die Beschreibung der Fabrikation in drei Gruppen nach den Rohstoffen scheiden. (Vergl. auch S. 145.)

I. **Spiritusfabrikation aus stärkemehlhaltigen Rohstoffen.** Diese Gruppe läßt sich zweckmäßig in zwei Abschnitten getrennt behandeln, nämlich:

1) Rohstoffe: die verschiedensten Getreidearten, Gerste, Roggen, Hafer, Weizen, Mais, Reis ꝛc.

2) Rohstoffe: Knollengewächse und stärkemehlhaltige Früchte, Kartoffeln, Topinambur, Kastanien, Eicheln ꝛc.

1) Getreidespiritus. Von den genannten Getreidearten wird nur in den seltensten Fällen, oder man kann wohl sagen nie, nur eine Sorte ohne weitere Zusätze zur Erzeugung des Spiritus genommen. In den meisten Fällen arbeitet man mit einer Mischung von zwei oder drei verschiedenen Getreiden, von denen man dann die eine in Form von Malz, die andere im rohen Zustande anwendet. Bei uns findet man am häufigsten als Rohstoffe eine Mischung von Roggen und Gerste, manchmal mit Zusatz von Hafer, in England Gerste mit Weizen oder Gerste mit Weizen und Hafer oder auch wohl alle drei mit Roggen. Mais und Reis werden wohl nur ausnahmsweise — wenigstens im nördlichen Deutschland — ihren Weg in die Brennerei nehmen. Mais brennt man namentlich in Ungarn, Reis in Italien, beide bekommen, um das Stärkemehl in Zucker zu verwandeln, einen Zusatz von Malz und wohl am häufigsten von Gerstenmalz.

Die Mischungsverhältnisse der Getreidearten variiren sehr und man kann darüber durchaus keine allgemein gültige Angabe machen, der augenblickliche Preis derselben muß dabei meistens entscheiden. Bei einer rationellen Berechnung sollte der verschiedene Gehalt an Stärkemehl wesentlich entscheidend sein, da nur dieser die zu erwartende Ausbeute vorher bestimmen läßt und somit über den wirklichen Werth entscheidet. Es bleibt dieses allerdings, ohne die chemische Analyse zu Hülfe zu nehmen, dennoch unsicher, weil die einzelnen Varietäten der verschiedenen Getreidesorten, die Jahrgänge, der Boden, auf dem sie gewachsen sind, immer auf den Gehalt einen Einfluß haben, so daß man nie mit absoluter Gewißheit sagen kann, man habe in einem bestimmten Quantum Gerste oder Roggen auch ein ebenso feststehendes Quantum Stärkemehl. Annähernd richtige Schlüsse wird man aber ziehen, wenn man die oben (S. 154) angeführte Tabelle des zu erwartenden Extractgehalts berücksichtigt.

Bei der Auswahl der Getreidearten ist noch in Betracht zu nehmen, daß der Roggen im Allgemeinen eine dickflüssige, leicht klebrige Maische liefert, während Gerste und Hafer dünne klare Würzen und lockere Treber geben. Es ist dies namentlich da wichtig, wo man nicht die Maische, sondern die Maischwürze zur Gährung bringt. Aus diesem Grunde wird in England, wo man nur Maischwürze zieht, höchst selten Roggen gebraucht. Man mischt dort sogar, um die Treber möglichst locker zu machen, manchmal fein geschnittenes Stroh zur Maische, und zwar namentlich in solchen Fällen, wo man mit verhältnißmäßig wenig Malz arbeitet.

Das Malz wird entweder als Grün-, Filz- oder Darrmalz verwandt; in der Brennerei wird das Malz jedoch nie so stark gedarrt, daß es eine dunkle Farbe erhält, wie bei der Bereitung von dunklem Bier. Erfahrungsmäßig liefern 100 Pfd. Gerste durchschnittlich 80 Pfd. Darrmalz oder 130 Pfd. Grünmalz. Es soll aber die Diastase in einem gleichen Gewicht Grünmalz ebenso stark zuckerbildend wirken wie in einem gleichen Gewicht Darrmalz (Schubert). Als zuckerbildendes Material verhält sich demnach das Grünmalz zum Darrmalz wie 13 : 8. Trotzdem, daß hiernach eine sehr wesentliche Ersparung an Malz durch das Grünmalz erreicht wird, findet man doch noch in den meisten Brennereien entweder ausschließlich Darrmalz oder doch Gemenge beider Arten. Mit reinem Grünmalz arbeiten gegenwärtig nur noch wenige Fabrikanten. Die Bereitung des Darrmalzes, die Anschaffung und Unterhaltung der Darre, deren Heizung, der manchmal nicht unbedeutende Verlust beim Schroten des Darrmalzes bringen Kosten hervor, die füglich erspart werden könnten. Der englische und schottische Kornbranntwein, der Whisky, verdankt seinen eigenthümlichen, für den Kenner höchst angenehmen Geruch und Geschmack dem Torfrauch, welcher beim Darren das Malz durchströmte. Da aber bei uns auf diesen Rauchgeschmack keine Rücksicht genommen zu werden braucht, so ist das Darren keine Nothwendigkeit, und man sollte mehr und mehr davon zurückkommen. Man will durch die Anwendung des Malzes nichts erreichen als die Umwandlung der Stärke in Zucker; mit je weniger Material und Unkosten man dieses ausführen kann, um so vortheilhafter ist es natürlich.

Ebenso verschieden wie die Form des Malzes ist das Mischungsverhältniß zwischen Malz und Getreide. Die äußersten Grenzen findet man in englischen Brennereien. Es arbeiten Einzelne mit reinem Malz, Andere nehmen auf 1 Th. Malz bis zu 14 Th. Getreide. Beides sind Extreme, die gleich irrationell sind. Im ersteren Falle Verschwendung von Malz, im zweiten Verschwendung von Korn, da eine so geringe Menge von Malz nicht ausreicht, eine genügende Zuckerbildung herbeizuführen, oder wenn dieses doch möglich ist, wenigstens so lange Zeit erfordert, daß die Maische dabei stark säuern muß. Das richtige Verhältniß liegt in der Mitte und man kann annehmen, daß das Malz $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ der Mischung betragen muß.

Das Grünmalz wird gequetscht, das Darrmalz und das rohe Getreide wird zu Schrot gemahlen. Bei Anwendung verschiedener Arten von Getreide mahlt man diese meistens, im bestimmten Verhältniß vermischt, gemeinschaftlich und bezeichnet das Product als Mengschrot. Ein Beuteln und Absondern der Kleie ist nicht erforderlich. Abscheidung der Kleie wäre sogar unzweckmäßig, weil damit eine große Menge Stärkemehl und lösliche stickstoffhaltige Bestandtheile verloren gingen, von denen die letzteren später zur Hefebildung dienen.

Einmaischen. Der Zweck des Einmaischens ist die Umwandlung der Stärke in Zucker. Dieses kann nur geschehen, wenn Malz und Schrot mit Wasser auf die zur Zuckerbildung erforderliche Temperatur gebracht

werden. Zunächst ist dabei erforderlich, daß das Malz und Schrot nicht allein vollständig von Wasser durchdrungen, sondern daß sie auch gleichmäßig im Wasser vertheilt seien. Beim Einschütten der gemahlenen Stoffe in Wasser bilden sich leicht Klumpen und dieses geschieht um so eher, je heißer das Wasser ist, weil dann das Stärkemehl sich verkleistert und trockenes Schrot so umhüllt, daß die Berührung mit dem Wasser aufgehoben wird. Um dieses zu vermeiden, muß gleich von Anfang an dahin gestrebt werden, das Wasser mit dem Schrot recht zu vermischen.

Man hat dazu mancherlei verschiedene Methoden. Früher wurde die Maische im Gährbottich selbst bereitet, das Malz und Schrot wurden darin mit wenig warmem Wasser zu einem dicken Teige geschlagen, dieser wurde durch Zusatz von siedendem Wasser bis auf die erforderliche Temperatur gebracht und endlich durch eine entsprechende Menge kaltes Wasser bis zur Gährungswärme abgekühlt. Das Teigschlagen ist eine unendlich mühsame Arbeit, nur durch ununterbrochene Aufmerksamkeit, mit Aufwand aller Kräfte ist es möglich, mit dem hölzernen Rührscheit einen gleichmäßigen Teig zu erhalten. Ausführbar ist es nur bei einem kleinen Betriebe. Die große Menge des Zukühlwassers verdünnt die Maische so sehr, daß man bei der jetzigen Besteuerung nicht mehr dabei bestehen könnte.

Der größere Betrieb der neueren Fabriken und das Dickmaischen verdrängte die Handarbeit, es wurden Maschinen construirt, welche besser und leichter arbeiteten. Kühlschiffe machten eine geringere Menge von Zukühlwasser erforderlich. Eine Folge davon war, daß die Einmaischung nicht mehr im Gährbottich geschah, sondern daß ein Apparat die Maische für alle Gährbottiche lieferte. Dieser wurde **Vormaischbottich** genannt, während die anderen den Namen Maischbottiche behielten. Letzteres gewiß mit Unrecht, denn der Gährbottich dient nicht mehr zum Maischen, er ist bestimmt, die fertige Maische aufzunehmen.

Die Apparate haben wir oben beschrieben und können uns hier darauf beschränken, ihre Anwendung zu erklären.

Es ist oben erwähnt worden, daß die Einwirkung der Diastase auf das Stärkemehl schon in der Kälte eintritt und bei einem über 75° C. liegenden Temperaturgrade aufhört. Beim Erwärmen geht die Einwirkung weit rascher vor sich und es wird allgemein als die günstigste Maischtemperatur eine zwischen 60 und 75° C. (48 bis 60° R.) liegende Wärme bezeichnet. Da der höchste Wärmegrad aber der Zerstörung des Malzes zu nahe liegt, so hält man sich am besten von diesem ziemlich entfernt und läßt die Maische nicht wärmer als 65° C. (52° R.) werden. Ein bis zwei Grad mehr oder weniger machen dabei keinen großen Unterschied, die angegebene Wärme genügt aber vollkommen, um die Zuckerbildung in kürzester Zeit zu erreichen.

Das Einmaischen selbst wird auf sehr verschiedene Weise ausgeführt, doch lassen sich folgende zwei Hauptmodificationen unterscheiden, von denen die eine die deutsche, die andere die englische Maischmethode charakterisirt, nämlich:

a) das Schrot wird zunächst mit ungefähr der Hälfte des zum Maischen erforderlichen Wassers von ungefähr 60° C. (48° R.) eingeteigt, wobei die Temperatur durch die Abkühlung, durch die Wände des Bottichs und durch das eingeschüttete Schrot um ungefähr 15° C. (12° R.) herabgebracht wird; durch Zusatz von siedend heißem Wasser oder durch warmes Wasser und durch frei einströmenden Dampf wird dann die Wärme bis auf 65° C. (52° R.) gesteigert und die ganze Maische zur Gährung gebracht;

b) das Schrot wird in den Bottich mit wenig Wasser eingeteigt und dann der Rest zugesetzt; das Wasser muß dabei eine solche Wärme haben, daß die Maische nach der durch den Bottich und das Schrot herbeigeführten Abkühlung auf der richtigen Temperatur ist. Nach beendigter Zuckerbildung wird klare Würze gezogen und die Treber mit Wasser zum zweiten Male oder noch mehrere Male gemaischt.

Die erste Methode hat jedenfalls den großen Vorzug, daß vor dem Gaarbrennen eine ganz gleichmäßige Durchfeuchtung des Schrots eintritt und daß somit die Diastase kräftiger wirken kann.

Man beginnt damit, daß man die erforderliche Menge von Wasser in den Maischbottich bringt, das Rührwerk in Bewegung setzt und nun das Schrotgemenge durch einen leinenen Schlauch allmälig zuläßt. Der Bottich ist während der Zeit, um die Flüssigkeit nicht zu weit abkühlen zu lassen, mit einem Deckel dicht verschlossen.

Beim Einschütten giebt man entweder das Gemisch von Schrot und Malz gleichzeitig in den Bottich, oder man schüttet zunächst das Malz, dann das Getreide, oder man schüttet zunächst ein Drittel des Getreides, dann die Hälfte des Malzes, dann das zweite Drittel des Getreides, dann den Rest des Malzes und endlich das letzte Drittel des Getreides zu. Es scheint am zweckmäßigsten zu sein, wenn man das letzte Verfahren anwendet, jedoch mit dem Unterschiede, daß zuerst und zuletzt Malz gegeben wird. Man hat dann den Vortheil, daß das Getreideschrot gleich in eine Flüssigkeit kommt, welche in hohem Grade zuckerbildend ist, wodurch also sofort eine Verflüssigung eintritt und die Vermischung mit dem Wasser erleichtert wird, der letzte Zusatz von Malz kann dann noch einmal recht kräftig auf das noch vorhandene Mehl wirken. In einer uns genauer bekannten Brennerei wird dieses Verfahren mit großem Vortheil angewandt. Es kommt dort auf einen Gährbottich von 2360 Quart hannöv. (= 2006 Quart preuß.) eine Schüttung von 550 Pfd. Roggen, 250 Pfd. Gerste, beide zusammen als 800 Pfd. Mengschrot, 200 Pfd. Grünmalz und 100 Pfd. Darrmalz. In den Bottich werden 450 Quart Wasser von 60° C. (48° R.) geschüttet und in dieses zunächst 100 Pfd. zerquetschtes Grünmalz, dann 400 Pfd. Mengschrot, 100 Pfd. Darrmalz, 400 Pfd. Mengschrot und endlich noch 100 Pfd. Grünmalz.

Die Teigbildung ist mit einem guten Rührwerk in höchstens 30 Minuten beendet, man findet in der Masse nicht die geringsten Klumpen, keine Spur von trocknem Schrot. Man läßt das Rührwerk still stehen und kehrt mit einer Bürste Alles, was an den Wänden des Bottichs in die Höhe gespritzt ist, herab, schließt den Deckel wieder und läßt das Schrot noch eine halbe Stunde lang weichen. Das Gaarbrennen erfolgt dann unter kräftigster Bewegung des Rührwerks durch langsamen Zufluß

von Wasser von 90° C. (72° R.), von dem bei obiger Schüttung 450 Quart hinreichen, um die Flüssigkeit nahezu auf die erforderliche Temperatur zu bringen. Ist die nöthige Wärme nicht erreicht, so läßt man so lange Dampf einströmen, bis das Thermometer höchstens 70° C. (56° R.) zeigt. Dieses ist genügend, um die Maische während der Zuckerbildung auf durchschnittlich 65° C. (52° R.) zu erhalten. Das Gaarbrennen erfordert ebenfalls eine halbe Stunde, während welcher das Rührwerk unablässig arbeitet. Nachdem auch die Wände des Bottichs wieder gereinigt sind, läßt man die Maische während zwei Stunden ruhig stehen, um die Umwandlung des Stärkemehls in Zucker zu beenden. Manche Brenner setzen während der Zeit das Rührwerk ab und an wieder in Gang, andere lassen es ruhig stehen; ersteres ist gewiß richtiger, da dadurch eine gleichmäßigere Vertheilung der noch in den Trebern enthaltenen Stärkemehlkörnchen erreicht wird, während dieselben, wenn sie sich am Boden ablagern, sich leicht der Zersetzung entziehen.

Das Gaarbrennen mit Dampf hat seine großen Vortheile, insofern weit weniger Dampf als siedend heißes Wasser erforderlich ist, um die Flüssigkeit auf eine bestimmte Temperatur zu bringen. Sollen z. B. 450 Quart (hannöv. à 2 Pfd. angenommen), also 900 Pfd. Wasser, die nach dem Einteigen auf 45° C. (36° R.) abgekühlt sind, durch siedend heißes Wasser auf 70° C. (56° R.) gebracht werden, so sind dazu erforderlich, wenn man die Abkühlung durch die Wände des Bottichs als nicht bestimmbar außer Acht läßt, 750 Pfd. und man erhält 1650 Pfd. Flüssigkeit. Ist das Wasser, welches man zum Gaarbrennen anwendet, nur 90° C. (72° R.) warm, so erfordern davon die 900 Pfd. Wasser von 45° C. (36° R.) 1125 Pfd. und man erhält 2025 Pfd. Maische von 70° C. (56° R.). Um aber 900 Pfd. Wasser von 45 auf 70° C. zu erwärmen, müssen ihm (70 — 45) . 900 = 25 . 900 = 22500 W.-E. C. zugeführt werden. 1 Pfd. Wasserdampf enthält 636,5 W.-E. C. Um daher die erforderliche Temperatur hervorzubringen, werden $\frac{22500}{636,5} = 35,3$ Pfd. Wasserdampf gebraucht werden und man erhält 935,5 Pfd. Flüssigkeit von der gewünschten Temperatur. Bei der oben angegebenen Schüttung würde diese Concentration jedoch zu hoch sein, man thut daher besser, beim Gaarbrennen so viel beliebig warmes Wasser zuzusetzen, als erforderlich ist, um die nöthige Verdünnung herbeizuführen, und dann erst die richtige Temperatur durch Dampf herzustellen.

Die Anwendung des Dampfes hat jedoch einen Nachtheil, der nur durch Vorsicht beseitigt werden kann und namentlich dann eintritt, wenn man stark gespannte Dämpfe aus dem Kessel einströmen läßt. Durch die plötzliche Berührung mit den siedend heißen Wasserdämpfen wird nämlich die Diastase leicht unwirksam gemacht, es tritt dies um so eher ein, wenn die Dämpfe im Kessel weit über 100° C. erhitzt sind. Man verbrennt also das Malz sehr leicht durch den Dampf. Dies tritt jedoch nicht leicht ein, wenn man dafür Sorge trägt, daß die Flüssigkeit während der Erhitzung durch das Rührwerk in starker Bewegung gehalten wird, und wenn man den Dampf nicht durch ein weites offenes Rohr, sondern durch einen Brausenkopf oder besser noch durch ein am Boden liegendes, kreisförmiges, mit feinen Löchern durchbohrtes Dampfrohr einströmen läßt. Der Dampf wird dann in viele feine Strahlen zertheilt, die, mit einer großen Menge von Flüssigkeit in Berührung, rasch abgekühlt werden. Sehr zweckmäßig ist jedenfalls die Erwärmung in dem oben (S. 226) beschriebenen belgischen Macerateur, da darin die Maische durch den im Mantel circulirenden Dampf erhitzt wird, ohne verdünnt oder verbrannt zu werden.

Während des Einmaischens verändert sich das Ansehen und der Geschmack der Flüssigkeit bedeutend. Anfangs beim Einschütten ist sie fast milchweiß von dem suspendirten Mehl, sie schmeckt fade, mehlig. Nach und nach verschwindet das Mehl, die Farbe der Hülsen und des Extracts treten immer mehr hervor, bis sie zuletzt gelb ist und rein süß schmeckt. Es dürfen dann beim Zerdrücken der Malzhülsen keine weißen Stärkemehlkörnchen mehr sichtbar werden, ein Tropfen der vorher abgekühlten Maische mit Wasser und Jodtinctur vermischt, darf darin keine blaue oder rothe Farbe hervorbringen, noch weniger dürfen die Treber blau gefärbt werden, was geschehen würde, wenn sie noch Mehl enthielten.

Nach beendigter Zuckerbildung, die in den meisten Fällen in zwei Stunden erreicht sein dürfte, zieht man die fertige Maische aufs Kühlschiff.

Sonstige Zusätze werden beim Einmaischen gewöhnlich nicht gemacht, doch wurde schon früher von Balling und neuerdings wieder von Schubert ein Zusatz von Hefe oder einer concentrirten, in starker Gährung befindlichen Maische sehr empfohlen, da dadurch die spätere Gährung sehr befördert werden soll.

Beim Einmaischen haben wir bisher nur die gewöhnlicher verarbeiteten Getreidearten im Auge gehabt. Ein etwas abweichendes Verfahren muß befolgt werden, wenn man Mais und Reis verarbeitet. Beide unterscheiden sich von den übrigen Getreidearten wesentlich dadurch, daß ihr Korn sehr hart und hornartig ist und dadurch nicht leicht gleichmäßig vom Wasser durchdrungen wird. Man muß sie aus diesem Grunde sehr fein mahlen und beuteln, wobei die zu groben Theile wieder auf die Mühle zurückgegeben werden, und dann muß man das Mehl vor dem Zusatz des Malzes bedeutend stärker erhitzen, um die Stärke vorher aufquellen zu lassen. Das Mehl teigt man zunächst mit so warmem Wasser ein, daß die Flüssigkeit ungefähr 60° C. (48° R.) hat, und läßt dann unter starker Bewegung des Rührwerks Dampf einströmen, bis die Temperatur auf 80 bis 90° C. (64 bis 72° R.) gesteigert ist. Die Stärke quillt dabei so stark auf, daß die Masse zu dick wird, wenn man nicht eine genügende Menge Wasser zum Einteigen angewandt hat. Man muß dabei die richtige Menge Wasser durch Versuche ermitteln. Die hohe Temperatur wird so lange unterhalten, bis das Mehl vollständig erweicht ist.

Wollte man dann das Malz ohne Weiteres zusetzen, so würde die Diastase nicht zur Wirkung kommen. Es muß demnach zunächst eine Abkühlung herbeigeführt werden. Dies geschieht entweder indem man die heiße Masse aufs Kühlschiff bringt und sie bis annähernd auf 70° C. (56° R.) abkühlt, oder indem man das Malz

mit kaltem Wasser einteigt und durch den Zusatz desselben die Temperaturerniedrigung herbeiführt. Bei letzterem Verfahren ist aber so viel Wasser erforderlich, daß die Maische übermäßig verdünnt werden wird. Es ist daher zweckmäßiger, den Wagemann'schen Kühler, bei dem kaltes Wasser in Röhren in der Maische circulirt, oder den belgischen Macerateur, bei dem der vorher mit Dampf gefüllte Mantel mit kaltem Wasser gefüllt wird, anzuwenden.

Ueber die Verarbeitung des Mais sind von Häcker in Ungarisch-Altenburg Mittheilungen gemacht. Nach ihm ist die hauptsächlichste Bedingung zur Erzielung einer hohen Ausbeute eine möglichst feine Verschrotung des Maiskorns. Am besten wird das Korn erst zwischen Quetschwalzen gebrochen und dann zwischen Mühlsteinen, welche trotzdem sehr dabei leiden, gemahlen. Je weniger fein der Mais gemahlen wurde, um so höher muß die Temperatur sein, bei welcher man ihn aufquellen läßt. Die niedrigste Temperatur, bei welcher dieses zu erreichen ist, beträgt 80° C. (64° R.), bei gröberem Schrot ist aber eine Steigerung bis zum Kochen erforderlich. Zur Zuckerbildung ist 1/5 bis 1/4 Malz erforderlich, welches bei der auch sonst zum Gaarbrennen üblichen Temperatur zugesetzt wird. Die Gährung der Maismaische verläuft sehr gut, es ist wenig Steigraum dazu nöthig.

Bei Versuchen von Bodenstein wurden mit sehr schlechtem Mais, nach Abzug des aus dem Schrot erzeugten Alkohols, von 1000 Pfd. 11040 preuß. Quartprocente Alkohol gewonnen.

Ganz von dem vorhergehenden abweichend ist das englische Maischverfahren. Es besteht im Wesentlichen darin, daß man nur auf klare Maischwürze arbeitet, wobei die Treber nachher ausgewaschen werden. In der großen Brennerei von Macfarlan und Comp. in Glasgow verwendet man zu jeder Maischung 260 Ctnr. (29120 Pfd.) Schüttung, die 1/6 bis 1/4 ihres Gewichts Malz enthält. Diese werden zunächst im Maischbottich mit so viel Wasser von 60° C. (48° R.) übergossen, als erforderlich ist, um das Schrot zu durchfeuchten. Nach ganz kurzem Einteigen wird der Rest des Wassers mit 80 bis 82° C. (64 bis 66° R.) zugesetzt, so daß die Maische eine mittlere Temperatur von 65° C. (52° R.) hat. Zu diesem ersten Aufguß werden im Ganzen auf obige Schüttung 141840 Pfd. (394 Faß à 360 Pfd.) Wasser gebraucht, so daß die Trockensubstanz zum Wasser sich annähernd wie 1 : 5 verhält. Nach dem Abziehen der klaren Würze, wozu der Bottich ähnlich wie der Maischbottich der Bierbrauer, mit einem Seiheboden versehen ist, läßt man ebenso viel Wasser wie vorher zum ersten Maischen zufließen, dessen Temperatur dann aber bedeutend höher sein kann, da es sich weniger um Fortsetzung der Zuckerbildung, als um eine Ausziehung der noch in den Trebern enthaltenen Flüssigkeit handelt. Man steigert daher die Temperatur dieses zweiten Wassers bis auf 82° C. (66° R.).

Die zweite Würze wird durch eine Pumpe in ein großes Reservoir geschafft, worin sie bis zum folgenden Tage verbleibt, um dann statt Wasser beim Maischen gebraucht zu werden. Das große Volum der Flüssigkeit verhindert dabei die Abkühlung so weit, daß die Temperatur noch fast hoch genug zum Gaarbrennen ist.

In anderen englischen Brennereien begnügt man sich mit zwei Würzen nicht, man zieht drei, vier und sogar fünf Würzen, wodurch das Auswaschen der Treber allerdings noch vollständiger erreicht wird, wodurch aber auch weit mehr Arbeit verursacht wird. Bei fünf Würzeziehungen wird zu den beiden ersten Würzen die Hälfte des ganzen Wassers verbraucht. Diese werden vermischt und sind dann stark genug, um in Gährung gebracht zu werden. Die drei letzten Würzen werden mit der zweiten Hälfte des Wassers gemacht und werden nachher gemischt, um am folgenden Tage beim Einmaischen statt Wasser verwandt zu werden.

Nach der beendigten Einmaischung ist vor Allem eine gründliche Reinigung des Maischbottichs erforderlich, weil jeder Tropfen der zurückbleibenden Maische bei der längeren, zwischen zwei Maischungen liegenden Zeit durch den Zutritt der Luft säuern und dann das Milchsäureferment auf die folgende Maische übertragen würde.

Man muß daher sofort, nachdem die Pumpe die Maische abgezogen hat, den Bottich mit Wasser nachspülen und dieses zu der Maische auf dem Kühlschiff geben. Man erreicht das Nachspülen am besten, wenn ein Arbeiter die Wände des Bottichs mit einer Bürste reibt, während ein anderer mit einer feinen Brause das Wasser aufgießt.

Abkühlen. Die heiße Maische kann nicht in Gährung versetzt werden. Es muß daher ihre Temperatur bis auf den erforderlichen Wärmegrad herabgebracht werden. Es geschieht dies bei der älteren Methode durch Zukühlen, also durch Zusatz von kaltem Wasser, bei der neueren entweder nur durch Ausstrahlung und Ableitung der Wärme oder durch diese und schließlichen Zusatz von kaltem Wasser. Die dazu erforderlichen Apparate sind oben S. 227 beschrieben.

Berechnen wir nun, wenigstens annähernd, wie die Verdünnung durch das Zukühlwasser sich in dem einen oder dem anderen Falle gestalten wird. Angenommen man habe 1000 Pfd. Wasser (wir wählen der einfacheren Berechnung halber dieses und nicht Maische, weil die in letzterer enthaltenen Treber eine andere specifische Wärme haben, die bei einer genauen Berechnung zu berücksichtigen wäre) von 65° C. (52° R.) auf 20° C. (16° R.) durch Zusatz von Wasser von 10° C. (8° R.) abzukühlen. Es müssen demnach dem Wasser $(65 - 20) \times 1000 = 45000$ W.-E. C. entzogen werden. Um 1 Pfd. Wasser von 10° auf 20° C. zu erwärmen, müssen ihm 10 W.-E. C. zugeführt werden. Die 45000 W.-E. C., welche die 1000 Pfd. des warmen Wassers abgeben müssen, werden daher $\frac{45000}{10} = 4500$ Pfd. Wasser von 10° C. auf 20° C. bringen, man wird also beim Vermischen von 1000 Pfd. Wasser von 65° C. und 4500 Pfd. Wasser von 10° C. 5500 Pfd. Wasser von 20° C. erhalten, oder die Maische im Verhältniß von 1 : 5,5 verdünnen müssen. Daß dieses bei dem jetzigen Zwange zum Dickmaischen nicht möglich ist, braucht nicht hervorgehoben zu werden.

Ganz anders schon stellen sich die Verhältnisse, wenn man die Maische auf dem Kühlschiffe auch nur bis auf

30° C. (24° R.) abgekühlt hat. 1000 Pfd. Wasser von 30° C. müssen (30 — 20) . 1000 = 10000 W.-C. C. abgeben, um auf 20° C. abgekühlt zu werden. Da jedes Pfund Kühlwasser von 10° C. 10 W.-C. C. aufnehmen muß, um dieselbe Temperatur zu erreichen, so werden $\frac{10000}{10}$ = 1000 Pfd. Wasser genügen, um hier die erforderliche Abkühlung zu bewirken. Es ist dabei absichtlich nicht berücksichtigt, daß 1000 Pfd. Wasser, welche mit 65° C. auf das Kühlschiff kommen, durch Verdunstung noch sehr bedeutend an Gewicht verlieren, und daß also nicht 1000 Pfd. von 30° C., sondern ein der Verdunstung entsprechendes Weniger abzukühlen ist. Diese Verdunstungsgröße ist nicht genau zu berechnen, da bei der Abkühlung auf dem Schiffe nicht allein die Verdunstung, sondern auch die Ausstrahlung und Ableitung der Metallwände des Apparats abkühlend einwirken.

Gährung. Durch Zusatz von Hefe wird der in der Maische gebildete Zucker in Alkohol und Kohlensäure zersetzt, wobei sich gleichzeitig aus den übrigen Bestandtheilen der Maische wieder Hefe erzeugt. Beim Beginn eines jeden Betriebes ist man auf die Beschaffung einer Quantität frischer Hefe angewiesen; sobald man diese einmal hat, läßt sie sich beliebig fortpflanzen und vermehren. Die Hefe bezieht man meistens aus Bierbrauereien und giebt der Oberhefe den Vorzug vor der Unterhefe. Kann man jedoch keine Oberhefe erhalten, so läßt sich auch mit Unterhefe arbeiten, da diese sich sehr rasch in Oberhefe verwandelt. Außerdem kann man mit Preßhefe, die überall zu haben ist, arbeiten. Die einfachste Methode der Fortpflanzung der Hefe würde darin bestehen, daß man einen Theil der stark gährenden Maische, in der sogenannten Hefebildungsperiode dazu verwendete, um damit frische Maische in Gährung zu bringen. Es ist dieses aber nicht ausführbar, da man dadurch beim Maischsteuergesetz als Ueberschöpfer dem verhängnißvollen Strafparagraph verfiele. Selbst wenn dieses nicht wäre, so könnte man doch die gährende Maische nicht verwenden, weil man sie dann doppelt zu versteuern hätte. Da nun die Beschaffung frischer Hefe für jede Maischung zu weitläufig und kostspielig sein würde, so erzeugt man sich jetzt allgemein die sogenannte Kunsthefe oder eine sehr concentrirte Maische, die einmal durch Zusatz von frischer Hefe in Gährung gebracht ist und von der dann ein Theil zu der süßen Maische gesetzt wird, und zwar in dem Stadium, wenn in der Hefenmaische die kräftigste Hefengährung vorwaltet. Der zurückbleibende Theil wird als Mutterhefe bezeichnet und dient dazu, frische Hefenmaische in Gährung zu bringen, von der dann wieder unter Zurücklassung von Mutterhefe gebraucht wird.

Die Hefenbildung wird am meisten befördert, wenn die Maische eine gewisse Menge freier Säure enthält, wodurch die in dem Korn enthaltenen phosphorsauren Erden und der Kleber, welche zur Entstehung der Hefe erforderlich sind, zum Theil gelöst werden. Während man in der süßen Maische die Bildung von Säure, Milchsäure, Essigsäure, so viel wie möglich durch rasches Abkühlen und möglichste Absperrung des Luftzutritts verhindert, verfährt man bei der Kunsthefe umgekehrt. Die hierzu bestimmte Maische läßt man sich langsam abkühlen, so daß sie möglichst günstigen Bedingungen für die Säurebildung ausgesetzt ist. Nach Balling soll man der Hefenmaische freie Phosphorsäure zusetzen, in manchen Brennereien findet sogar ein Zusatz von Schwefelsäure Statt. Der Säuregehalt darf jedoch eine gewisse Grenze nicht übersteigen, da er sonst nachtheilig auf den Verlauf der Gährung wirken würde. Ist die Hefe zu sauer geworden, so hilft man ihr durch einen Zusatz von Soda, oder nach Balling von kohlensaurem Kalk, gepulvertem Kalkstein, nach. Beim Vermischen mit Soda muß man sich nur vor einem Ueberschuß hüten, die Flüssigkeit soll immer schwach sauer bleiben, also ein blaues Lackmuspapier roth färben, sie darf nie alkalisch werden, da dadurch eine normale Gährung noch weit mehr als durch einen Ueberschuß von Säure unterdrückt werden würde.

Zur Bereitung der Kunsthefe sind auf je 100 Pfd. des zum Einmaischen verwandten Schrots nach Balling 4 bis 8 Pfd., nach Schubert 4½ Pfd. Schrot, für 100 Pfd. gemaischte Kartoffeln 1 bis 2 Pfd., auf jeden Scheffel Kartoffeln, der annähernd zu 100 Pfd. gerechnet werden kann, 2 Pfd. Schrot erforderlich. Dieses zum Hefenansatz bestimmte Schrot bezeichnet man als Hefenschrot.

Das Hefenschrot ist entweder Grünmalz und dieses hat sich nach neueren Erfahrungen ganz vorzüglich bewährt, oder Darrmalz, oder ein Gemenge von Getreide- und Malzschrot.

Da die Bereitung der Kunsthefe bei der Verarbeitung von Korn fast genau dieselbe wie bei der von Kartoffeln ist, so wollen wir beide gemeinschaftlich beschreiben, um Wiederholungen unnöthig zu machen.

Man unterscheidet — nach Schubert — folgende Arten von Hefe und bereitet sie auf folgende Weise:

a) Grüne Malzhefe oder Grünmalzhefe. Es sind zur Bereitung dieser Hefe für jeden täglich zu bemaischenden Bottich drei gleich große Gefäße (Hefenfaß Nr. 1 bis 3) und ein kleineres zur Aufbewahrung der Mutterhefe (Hefeneimer) erforderlich. Der Inhalt dieser drei Hefenfässer ist genügend, wenn er $^1/_{10}$ von dem des großen Gährbottichs beträgt.

Das anzuwendende Malz muß frisch, lang gewachsen und aufs Feinste zerquetscht sein. Die Bereitung der Hefenmaische beginnt 40 Stunden vor der Einmaischung, zu welcher die Hefe benutzt werden soll. Man schüttet zunächst auf 100 Pfd. des Malzes 40 Quart Wasser von 75 bis 80° C. (60 bis 65° R.) in das Hefenfaß Nr. 1, setzt noch 2 Loth guten Hopfen, welcher ungefähr eine Viertelstunde mit siedendem Wasser in einem bedeckten Gefäße gebrüht ist, zu und schüttet das Malz ein, während zwei Arbeiter durch starkes Umrühren das Malz möglichst rasch mit dem Wasser mischen. Nach ungefähr 5 Minuten ist die Temperatur der Flüssigkeit auf 50° C. (40° R.) gesunken, es werden dann noch 30 Quart Wasser von 90 bis 93° C. (72 bis 75° R.) zugesetzt und kräftig umgerührt, wodurch die Temperatur der Flüssigkeit auf 64 bis 65° C. (51 bis 52° R.) gesteigert wird. Wird diese Temperatur nicht erreicht oder überschritten, so nimmt man beim nächsten Male das Wasser entsprechend wärmer oder kälter. Der Bottich bleibt bedeckt eine Stunde lang stehen, um die Zuckerbildung vor sich gehen

zu lassen. Alsdann öffnet man ihn, rührt um und läßt ungestört, bis nach Ablauf von 13 Stunden vom Anfang des Maischens an, stehen, alsdann muß die Abkühlung durch Einstellen von mit kaltem Wasser gefüllten Blechgefäßen beschleunigt werden, so daß 5 Stunden später, also nach Verlauf von 18 Stunden die Maische eine Temperatur von 21° C. (17° R.) zeigt. Das Hefengefäß wird dann mit einem Deckel zugedeckt, um eine noch weitergehende Abkühlung zu vermeiden.

Sechzehn Stunden vor dem Verbrauch wird das Hefengut von 100 Pfd. Malz mit 8 Quart frischer bitterer Bierhefe oder 3½ bis 4 Pfd. Preßhefe vermischt oder angestellt und lose bedeckt.

Zu der Zeit, wo man die heiße Maische aus dem Maischbottich auf das Kühlschiff bringt, nimmt man von der Hefe 30 Quart ab, welche in den Hefeneimer kommen und die Mutterhefe bilden. Beim Abnehmen soll man zunächst die Treberdecke vorsichtig bei Seite schieben und ungefähr zwei Drittel der nöthigen Flüssigkeit ausschöpfen, dann das Ganze umrühren und so das letzte Drittel zunehmen. Die Mutterhefe wird am zweckmäßigsten bis zum nächsten Gebrauch in ein mit kaltem Wasser gefülltes Gefäß gestellt.

Den Rest der Hefenflüssigkeit bringt man in den Gährbottich und vermischt ihn mit ungefähr seinem doppelten Volum der Maische, sobald diese auf dem Kühlschiffe eine Temperatur von 32 bis 33° C. (26° R.) zeigt — das Vorstellen der Hefe. Nach ungefähr einer halben oder einer ganzen Stunde wird der Rest der Maische soweit abgekühlt sein, daß man diese in den Bottich ablässen kann. Zwischen dem Vorstellen der Hefe und dem Zulassen der übrigen Maische darf höchstens ein Zeitraum von 2 Stunden liegen, weil sonst die Hefe an Kraft verlieren würde. Kann man die ganze Maische auf dem Kühlschiff nicht zur richtigen Zeit genügend abkühlen, so nimmt man von der wärmeren Maische und bringt sie durch Zusatz von kaltem Wasser auf die richtige Temperatur.

Die aus dem Hefengefäß Nr. 1 genommene Mutterhefe dient nun dazu, die Gährung und Hefebildung weiter fortzupflanzen. Zu dem Zwecke bereitet man 24 Stunden später, als man mit Nr. 1 begonnen hat, im Hefengefäß Nr. 2 wieder auf dieselbe Weise eine Maische. Nach ferneren 24 Stunden wird dieses mit der Mutterhefe angestellt, wobei wieder 16 Stunden zur Hefebildung bleiben.

Von Nr. 2 wird die Mutterhefe ebenso abgenommen wie von Nr. 1 und diese wird dann gebraucht, um das Hefengut in Nr. 3 in Gährung zu bringen, so daß immer das vorhergehende Gefäß die Mutterhefe für das folgende liefert. Vom Einmaischen des Hefenguts bis zu seiner Verwendung vergehen 40 Stunden, davon werden 24 Stunden zum Einmaischen, Abkühlen und zur Säurebildung verwandt, während die Maische 16 Stunden lang gährt, ehe sie mit der Hauptmaische zusammengebracht wird.

Bei dieser Vorschrift, die nach Schubert auch in Otto's Lehrbuch der landwirthschaftlichen Gewerbe, 5. Aufl., übergegangen ist, muß offenbar ein überzähliges Hefengefäß angewandt sein. Das Hefengut in Nr. 1 wird z. B. Montag Abends 6 Uhr eingemaischt, in Nr. 2 um dieselbe Zeit am Dienstag, in Nr. 3 um dieselbe Zeit am Mittwoch. Nach 40 Stunden wird die Hefe verbraucht, also die von Nr. 1 am Mittwoch Morgen 10 Uhr; am Mittwoch Abend um 6 Uhr wird aber Nr. 3 erst bemaischt, Nr. 1 bleibt daher vom Mittwoch Morgens 10 Uhr bis Donnerstag Abends 6 Uhr leer stehen, während es doch füglich am Mittwoch Abends 6 Uhr schon wieder benutzt werden könnte.

b) Kartoffelhefe mit grünem Malz, für einen Bottich von 2400 Quart und 48 Scheffel Kartoffeln. Es sind hier drei Gefäße und ein Mutterhefeneimer erforderlich, da die Hefe 50 Stunden zum Reifen gebraucht. Zur Anstellung des Guts kommen 48 Quart Kartoffelmaische und 60 Pfd. Grünmalz in das Hefengefäß Nr. 1, werden gut durchgemaischt und mit 36 Quart Wasser von 90 bis 93° C. (72 bis 75° R.) gaar gebrannt. Nach 36 Stunden, oder 14 Stunden vor dem Gebrauch wird das Hefengut mit 8 Quart Bierhefe oder 3½ bis 4 Pfd. Preßhefe angestellt. Kurz vor der Verwendung wird die Mutterhefe abgenommen, die dann zum Anstellen des zweiten Gefäßes dient. Sonst ist die Art der Bereitung dieselbe wie die der vorherbeschriebenen Hefe.

c) Schrothefe aus Gerstendarrmalz und ungemalztem Roggen, für 1000 Pfd. Getreide oder 36 bis 38 Scheffel Kartoffeln. 40 bis 42 Stunden vor der Verwendung kommen 36 Quart heißes Wasser in das Hefengefäß Nr. 1 und werden durch Umrühren auf 75° C. (60° R.) abgekühlt, nachdem noch 2 Loth in heißem Wasser gebrühter Hopfen zugesetzt sind, hierzu kommen 40 Pfd. Gerstenmalz und 8 Pfd. Roggen, beide nicht zu fein geschroten, und werden mit 20 Quart Wasser von 88 bis 90° C. (70 bis 72° R.) gaar gebrannt, so daß die Temperatur der Maische 64 bis 65° C. (51 bis 52° R.) beträgt. Während der ersten 16 Stunden wird häufig umgerührt. 27 Stunden nach der Einmaischung soll die Temperatur 22 bis 23° C. (18° R.) betragen, was durch Umrühren oder durch Einstellen von kaltem Wasser bewirkt werden muß. Es wird dann mit 6 Quart Bierhefe oder 2½ Pfd. Preßhefe angestellt, worauf bald die Gährung eintritt, die bis zum Verbrauch andauert. Man reservirt 25 Quart Mutterhefe, die zum Anstellen des Gefäßes Nr. 2, welches 22 Stunden nach Nr. 1 bemaischt wird, dient.

Wenn das Malz und der Roggen zu fein geschroten sind, so tritt die Gährung fast jedesmal ein, ohne daß die Treber eine Decke bilden, diese sinken dann zu Boden und lassen die Flüssigkeit zu sehr der Luft ausgesetzt. Um dieses zu vermeiden, ist es zweckmäßig, das Malz und den Roggen nur auf der Grünmalzquetsche zu zerdrücken und es nicht zu schroten.

d) Schrothefe aus Gerstendarrmalz, für 1000 Pfd. Getreide oder 36 Scheffel Kartoffeln. Die Bereitung ist dieselbe wie die der vorigen, mit dem Unterschiede, daß man das Wasser zum Gaarbrennen um einige Grade wärmer nehmen kann.

e) Zwanzigstündige Hülfshefe von grünem oder Darrmalz, für 1000 Pfd. Getreide oder 36 Scheffel Kartoffeln. 18 bis 20 Stunden vor dem Gebrauch bringt man 40 Quart heißes Wasser in das Hefengefäß Nr. 1. Ist dieses auf 75° C. (60° R.) abgekühlt, so wird zunächst eine Abkochung von 3 Loth

Hopfen und dann 40 Pfd. fein gequetschtes Grünmalz und 30 Pfd. Roggenschrot oder 30 Pfd. Gerstendarrmalz und 30 Pfd. Roggenschrot hinzugefügt. Es wird mit 30 Quart Wasser von 88 bis 94° C. (70 bis 75° R.) bis zu einer Temperatur von 64 bis 65° C. (51 bis 52° R.) gaar gebrannt. Nach 8 bis 10 Stunden wird die Maische rasch bis auf 27 bis 29° C. (22 bis 23° R.) abgekühlt, so daß sie nach 13 Stunden mit 8 Quart Bierhefe oder mit 3 ½ Pfd. Preßhefe angestellt werden kann. Vier Stunden darauf rührt man die gährende Masse gut um und nimmt 25 Quart Mutterhefe ab, die zurückbleibende Hefe wird mit Maische von 35° C. (28° R.) vorgestellt.

Es lassen sich noch manche andere Vorschriften für Kunsthefen geben, doch werden diese genügen, da sie alle doch nur Modificationen der ersten sind.

In den englischen Brennereien macht man wenig oder gar nicht Gebrauch von den Kunsthefen. Man bedient sich dort fast ausschließlich der Hefe der Bierbrauereien und wendet dabei ungefähr 1 ½ Proc. Hefe vom Volum der Maischwürze an. Beim Anstellen giebt man jedoch nur die Hälfte der Hefe zu, die andere Hälfte erst am zweiten Tage der Gährung.

Die Temperatur, bei welcher die Maische zur Gährung angestellt werden muß, ist nicht genau zu bestimmen, sie hängt ab von der Temperatur des Gährraums, von der Form und Größe der Gährgefäße, von der Beschaffenheit der Hefe. Doch kann man im Allgemeinen angeben, daß man bei guter Hefe möglichst niedrig anstellen solle, weil bei höherer Temperatur und kräftiger Hefe leicht eine sehr stürmische Gährung eintritt, die Aufwallen und Ueberfließen der Maische verursacht, dann aber auch rasch wieder nachläßt, so daß die Wirkung der Hefe aufhört, ehe noch aller Zucker zersetzt ist. Da bei unseren Steuergesetzen ein rascher Verlauf geboten ist — die Maische muß entweder drei Tage oder vier Tage nach dem Anstellen abgetrieben sein —, so kann die Gährung immer nur bei ziemlich hoher Temperatur vorgenommen werden. Da kleine Gährbottiche der abkühlenden Wirkung der Luft eine verhältnißmäßig weit größere Oberfläche darbieten wie große, so muß in kleinen Bottichen wärmer angestellt werden als in großen. Kartoffelmaischen gähren im Allgemeinen stürmischer als Getreidemaischen, erstere stellt man daher immer 1 bis 2° kälter als letztere an. Bei einem Gährraum, dessen Temperatur innerhalb der Grenzen von 12 bis 17° C. (10 bis 14° R.) schwankt, stellt man — nach Schubert — Kartoffelmaische in Bottichen von 2000 Quart bei 17 bis 19° C. (14 bis 15° R.) an, in Bottichen von 1500 Quart bei 19 bis 20° C. (15 bis 16° R.), in Bottichen von 3000 Quart bei 17° C. (14° R.).

Bald nach dem Zugeben der Hefe, gewöhnlich schon nach zwei Stunden, bemerkt man den Eintritt der Gährung daran, daß sich zuerst rings am Rande des Bottichs Kohlensäurebläschen zeigen, die sich rasch über die ganze Oberfläche verbreiten und diese mit einem feinen weißen Schaum bedecken. Die Entwicklung der Kohlensäure nimmt immer mehr zu und treibt durchgängig sechs Stunden nach dem Anstellen die Treber in die Höhe, welche sich als eine Decke auf die Flüssigkeit legen; sie können nicht wieder niedersinken, da sie mit Kohlensäurebläschen, die sie schwebend erhalten, bedeckt sind. Nur bei einer sehr schlechten Hefe tritt diese Bildung der Decke nicht ein. Bei zunehmender Gährung kommt die Decke in starke Bewegung, sie hebt sich und sinkt, wobei sie von der einen Seite des Bottichs zur anderen rollt, die Kohlensäure durchbricht die Decke als sprudelnde Masse, bei Kartoffelmaischen häufig so heftig, daß die Flüssigkeit 2 bis 3 Fuß hoch gespritzt wird, die Temperatur steigt dabei unter günstigen Umständen bis um 15° C. (12° R.). Dieses Stadium tritt durchschnittlich 16 Stunden nach dem Anstellen ein und währt wohl 20 Stunden. Allmälig läßt die Energie der Gährung nach, die Decke lagert sich ruhig über der Flüssigkeit und es findet eine langsame ruhige Nachgährung Statt.

Treten diese Erscheinungen ein, so ist man sicher, eine gute Ausbeute an Spiritus zu erhalten. Die Attenuation der Maische wird dann den höchsten Grad erreichen.

Bei Versuchen von Donovan zeigte eine Maischwürze während der Gährung folgende Temperaturzunahmen und Abnahmen des specifischen Gewichts:

Das ursprüngliche specifische Gewicht war 1,050 = 12,3° Saccharometer.

	Temperatur.	Spec. Gew.	
Am ersten Morgen ...	21° C.	1,050 = 12,3°	Saccharom.
Am ersten Abend	21° C.	1,050 = 12,3°	"
Am zweiten Morgen ..	22,5° C. ..	1,046 = 11,3°	"
Am zweiten Abend ...	24,5° C. ..	1,032 = 7,9°	"
Am dritten Morgen ..	26,5° C. ..	1,022 = 5,5°	"
Am dritten Abend ...	29° C.	1,012 = 3,0°	"
Am vierten Morgen ..	31° C.	1,007 = 1,7°	"
Am vierten Abend ...	31° C.	1,005 = 1,2°	"
Am fünften Morgen ..	31° C.	1,003 = 0,7°	"
Am fünften Abend ...	30° C.	1,001 = 0,02°	"

Bei Weitem nicht so günstige Resultate erhält man, wenn die Gährungserscheinungen anders sind. Nur zu häufig und aus bis jetzt noch nicht erklärbaren Gründen legt sich manchmal die Decke ganz ruhig auf die Oberfläche der Flüssigkeit, sie wird nicht von Blasen durchbrochen, sie steigt und fällt nicht. Mit diesem Gähren unter der Decke ist regelmäßig eine schlechte Ausbeute verbunden. Etwas besser gestaltet sich diese, wenn die Decke wenigstens von kleinen weißen Schaumkegeln, Puppen, durchbrochen wird, ohne aber dabei in Bewegung zu kommen. Das ungünstigste Resultat liefert immer die schäumende Gährung, wobei die ganze Flüssigkeit in die heftigste Bewegung kommt und als Schaum über die Ränder des Bottichs herabfließt und dem Brenner dadurch verloren geht, da er sie nicht wieder auffangen darf. Treten diese Uebelstände ein, so ist es am zweckmäßigsten, bei den beiden ersten Fällen durch wärmeres Anstellen, im letzteren Falle durch kälteres Anstellen eine bessere Regelung herbeizuführen. Erreicht man seinen Zweck dadurch nicht, so säume man nicht, ganz frische Hefe zu bereiten, da dann gewöhnlich der Fehler durch die Mutterhefe herbeigeführt wird, die durch irgend welche Umstände verdorben sein kann. Eine Erneuerung der Hefe ist immer von Zeit zu Zeit erforderlich und namentlich sobald die Treberdecke nicht mehr auf der Mutterhefe schwimmen bleibt, sondern nach der Mitte hin zusammensinkt. Bei einer guten Hefe ist es leicht, eine hohe Ausbeute an Alkohol zu erlangen, schlechte Hefe giebt dagegen nur gute Schlempe, ein Resultat, welches

den Ruin solcher Brenner herbeiführen muß, die nicht ihre Hefenbildung mehr wie alles Uebrige überwachen.

Ueber die Destillation der weingaaren Maische braucht nichts mehr erwähnt zu werden, sie ist oben genügend behandelt.

2) Kartoffelspiritus. Von den Getreidearten haben wir oben gesagt, daß die einzelnen Varietäten derselben Getreidearten, je nach dem Boden, auf dem sie gewachsen, je nach den klimatischen Verhältnissen verschiedene Zusammensetzung haben. Noch weit mehr ist dies bei den Kartoffeln der Fall. Es kann eintreten, daß eine auf mildem lockeren Boden gewachsene Kartoffel um 30 bis 50 Proc. mehr Stärkemehl enthält, wie eine andere Kartoffel, selbst derselben Varietät, die aber auf schwerem nassen Boden gezogen ist. Eine ganz unausbleibliche Folge davon ist, daß eine Brennerei, welche die erstere Sorte verarbeitet, entsprechend bessere Betriebsresultate als die andere liefert. Um daher von vorn herein die zu erwartende Ausbeute wenigstens annähernd bestimmen zu können, sollte man stets die Kartoffeln vor ihrer Verwendung auf ihren Stärkemehlgehalt prüfen, was auf ebenso leichte als sichere Weise geschehen kann.

Alle Prüfungsmethoden für Kartoffeln, deren es eine große Anzahl giebt, sind darauf basirt, daß die Kartoffeln ein um so höheres specifisches Gewicht haben, je reicher sie an Stärkemehl sind, oder, was dasselbe ist, daß ein gegebenes Gewicht Kartoffeln einen um so kleineren Raum einnimmt, je mehr Stärkemehl sie enthalten. Bestimmt man daher ihr specifisches Gewicht oder das Verhältniß ihres absoluten Gewichts zu ihrem Volum, wenn man das letztere auf ein diesem Volum entsprechendes Gewicht Wasser reducirt, so kann man danach ihren Gehalt bestimmen, da durch zahlreiche Versuche das specifische Gewicht von Kartoffeln von bekanntem Stärkemehlgehalt nachgewiesen ist.

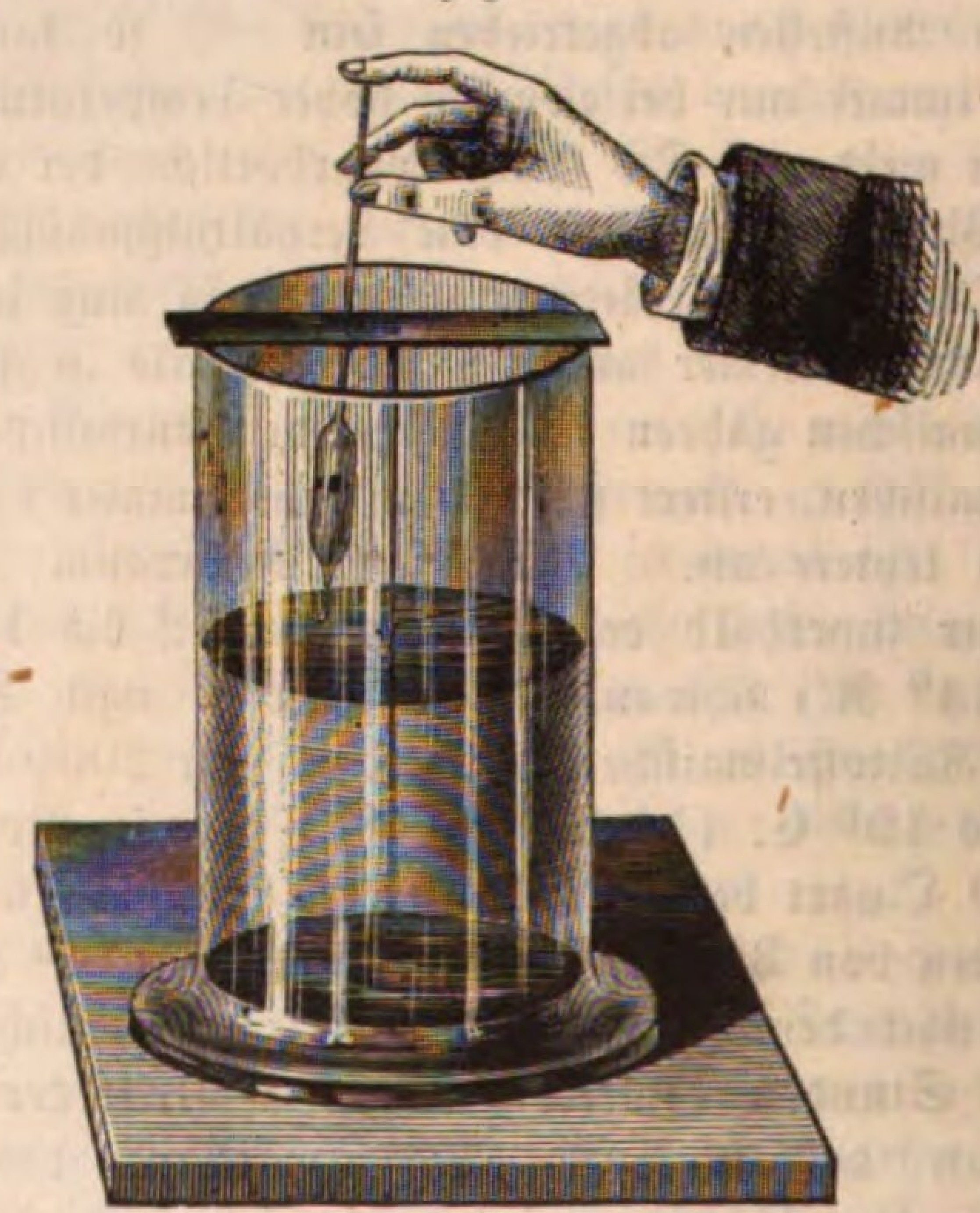
Früher wandte man meistens die von Trommer und Krocker eingeführten sogenannten Salzwassermethoden an. Zur Ausführung der ersteren stellt man sich eine Reihe von Kochsalzlösungen von bekanntem specifischem Gewicht dar und bringt die Kartoffeln so lange von einer Lösung in die andere, bis man eine findet, deren specifisches Gewicht mit dem der Kartoffeln übereinstimmt, was man daran erkennt, daß die Kartoffeln darin weder zu Boden sinken, noch an der Oberfläche schwimmen. Nach Krocker's Methode bereitet man sich eine concentrirte klare Salzlösung von beliebigem Gehalt, in welche man die Kartoffeln legt; schwimmen diese an der Oberfläche, so gießt man unter Umrühren vorsichtig so viel Wasser zu, bis die Kartoffeln anfangen zu sinken, aber nicht den Boden erreichen; sollten sie gleich zu Boden sinken, so ist die Lösung zu verdünnt und muß durch Zusatz von Salz verstärkt werden. Es wird dann zu den an der Oberfläche schwimmenden Kartoffeln so viel Wasser gegeben, bis diese in jeder Lage in der Flüssigkeit schwimmen, weder zur Oberfläche steigen, noch zu Boden sinken. Nach dem Herausnehmen der Kartoffeln bestimmt man das specifische Gewicht der Flüssigkeit und darnach den Gehalt der Kartoffeln.

Nach der ersten Methode ist es schlechterdings unmöglich, auch nur erträgliche Resultate zu erhalten. Man soll dazu elf verschiedene Lösungen von bestimmtem specifischem Gewicht sich bereiten, wozu im Ganzen zweiundzwanzig Wägungen erforderlich sind. Dann sollen die Kartoffeln aus einer Lösung in die andere gebracht werden. Von jeder Lösung bleibt aber ein gewisser Theil an den Kartoffeln und an dem Löffel, mit dem sie herausgenommen werden, hängen, so daß nothwendiger Weise eine Vermischung der Flüssigkeiten und damit eine gänzliche Aenderung ihres specifischen Gewichts eintritt. Nachdem man die Lösungen mehrere Male gebraucht hat, werden sie ganz falsche Resultate geben. Die zweite Methode ist unstreitig besser, sie erfordert aber zur Ausführung viel Aufmerksamkeit, da man während des Umrührens, welches durchaus geschehen muß, um die Vermischung des Wassers mit der Salzlösung herbeizuführen, nicht beobachten kann, ob die Kartoffeln sinken oder steigen. Man wird daher leicht zu viel oder zu wenig Wasser zugeben. Da dadurch aber das specifische Gewicht der Flüssigkeit sehr erheblich verändert wird, so fallen die Bestimmungen ungenau aus.

Eine andere Methode, nach der auch in chemischen Arbeiten ganz Ungeübte die Bestimmungen mit größter Schärfe in wenig Minuten ausführen können, wurde vom Verfasser angegeben. Es dient dazu der in Fig. 87 und 88 dargestellte Apparat; er besteht im Wesentlichen aus einem Glascylinder von circa $2\frac{1}{2}$ Liter Inhalt, zwei unten nadelscharf geschliffenen Messingstäbchen von verschiedener Länge, die an kleinen Plättchen von starkem Zinkblech befestigt sind, und endlich aus einer ziemlich großen Quetschhahnbürette, die für genaue Bestimmungen in 0,2 C.-C. getheilt ist und an der man mit einem Schwimmer leicht 0,1 C.-C. ablesen kann.

Man hängt zunächst die lange Spitze in den horizontal stehenden Cylinder (Fig. 87) und gießt so viel klares Wasser in denselben, bis das Niveau desselben

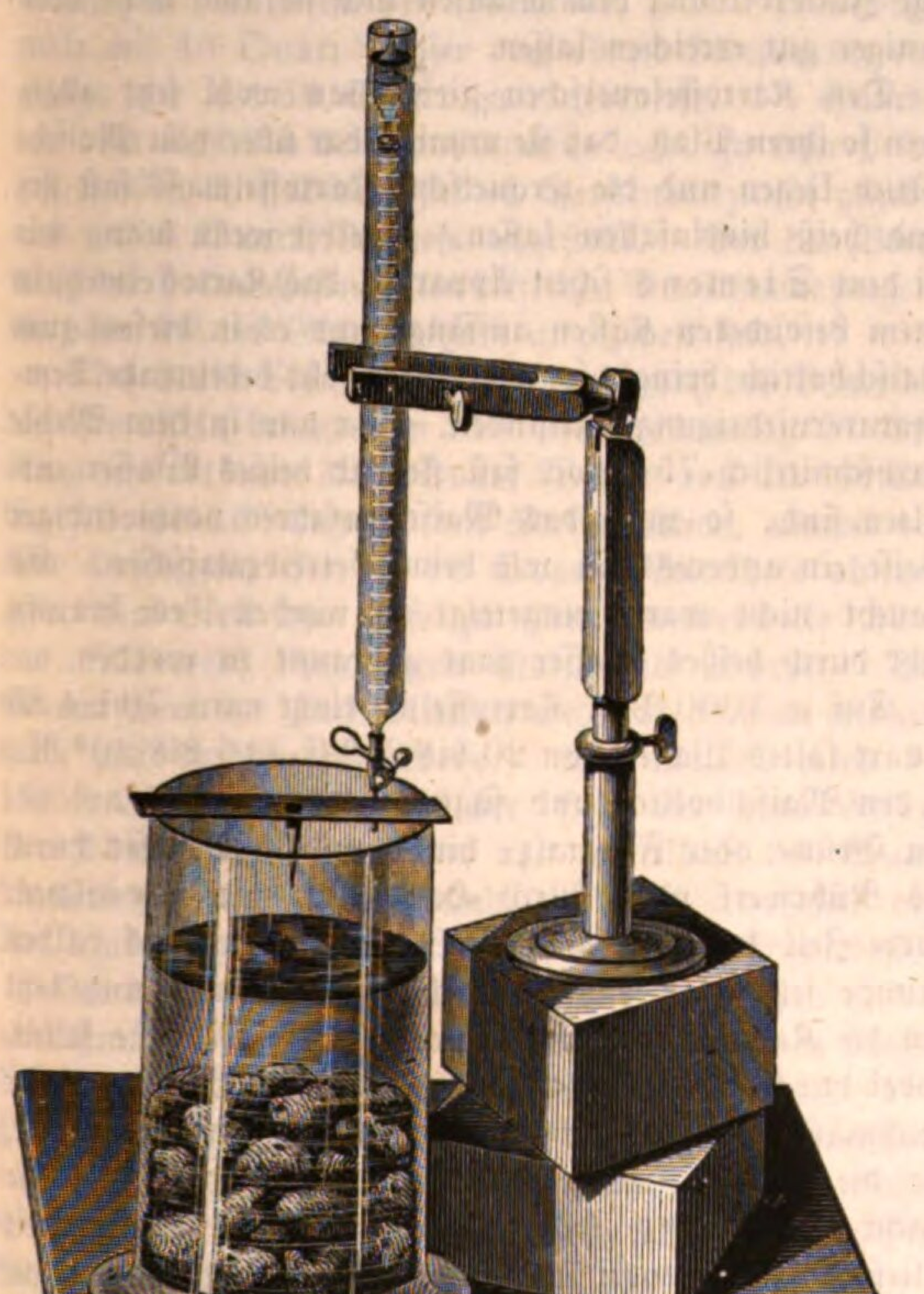
Fig. 87.



einige Linien tief unter der Spitze steht. Man sieht dann das Bild der Spitze im Wasser wie in einem Spiegel erscheinen. Man läßt nun aus einer Pipette tropfenweis Wasser nachfließen, bis das Spiegelbild gerade die Spitze berührt. Man bekommt so einen Punkt, der sich mit außerordentlicher Schärfe feststellen läßt und wobei

man sich kaum um einen Tropfen Wasser irren kann. Nennen wir diesen ein für alle Mal feststehenden Punkt A. Die zu untersuchenden Kartoffeln müssen vorher von allem anhängenden Schmutz durch Waschen befreit sein und so lange der Luft ausgesetzt werden, bis sie äußerlich wieder trocken sind. Man wägt davon ein beliebiges Quantum, natürlich der Größe des Apparats angemessen, nach Grammen ab, befeuchtet sie dann nochmals und trocknet sie sorgfältig mit einem reinen Tuche ab, worauf man sie sofort in das im Cylinder abgemessene Wasser wirft. Durch dieses Anfeuchten und Wiederabtrocknen bleibt auf den Kartoffeln eine unendlich dünne Schicht von Feuchtigkeit gleichmäßig verbreitet zurück, die auf ihr Volum ohne allen Einfluß ist, die aber bewirkt, daß die Kartoffeln im Cylinder sich ganz gleichmäßig mit Wasser benetzen, so daß keine Luftbläschen daran haften bleiben, welche ihr Volum scheinbar vergrößern würden. Darauf legt man die kürzere Spitze auf den Cylinder (Fig. 88) und läßt aus der Bürette so viel Wasser hinzufließen, bis das Spiegelbild der kürzeren

Fig. 88.



Spitze diese gerade berührt. Diesen zweiten ebenfalls feststehenden Punkt nennen wir B.

Hat man ein für alle Mal den zwischen den beiden Punkten A und B liegenden Inhalt des Cylinders durch Ausmessen mit der Bürette bestimmt, so braucht man von diesem Volum nur die Anzahl der beim Versuch aus der Bürette geflossenen Cubik-Centimeter Wasser abzuziehen, um das Volum der angewandten Gewichtsmenge Kartoffeln zu finden.

Da die Kartoffeln in Grammen abgewogen sind und da ein Cubik-Centimeter Wasser 1 Grm. wiegt, so braucht man nur das absolute Gewicht durch das in Cubik-Centimetern ausgedrückte Volum zu dividiren, um das specifische Gewicht zu finden. Bezeichnet man das zwischen den Punkten A und B liegende bekannte Volum des Cylinders mit V, die Zahl der aus der Bürette zugeflossenen Cubik-Centimeter mit v, das absolute Gewicht der Kartoffeln mit G, so ist das specifische Gewicht:

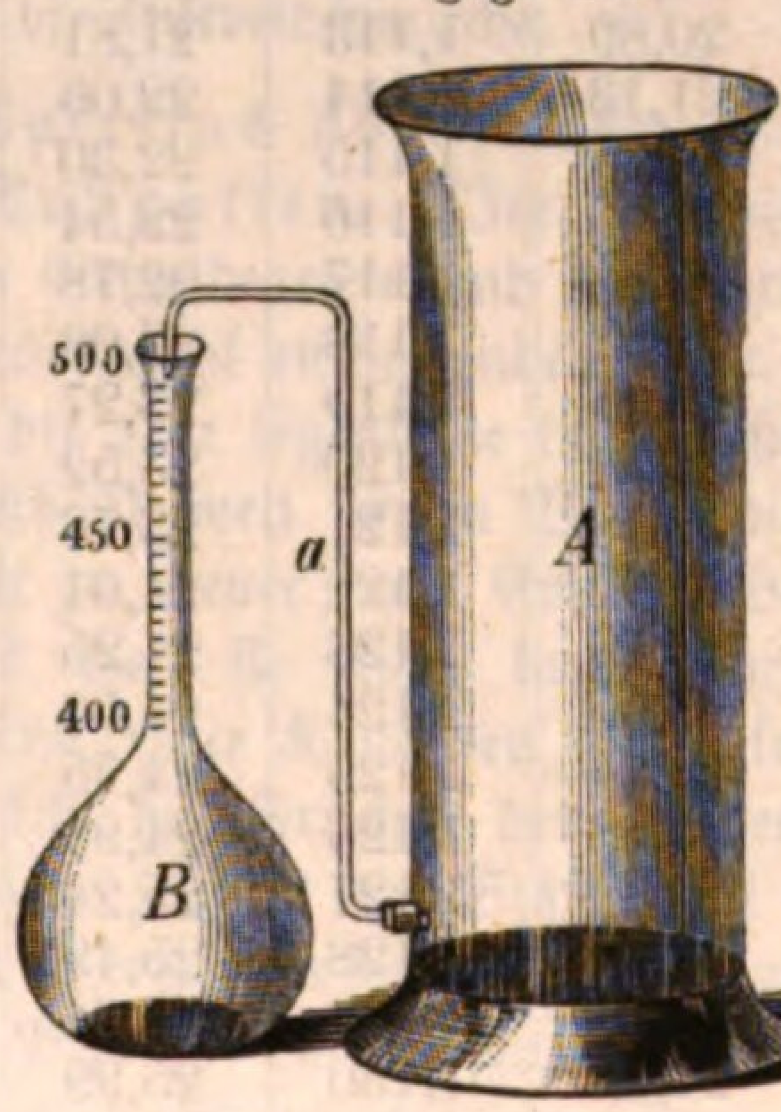
$$\text{Spec. Gew.} = \frac{G}{V - v}.$$

Es sei z. B. $V = 631{,}8$ C.-C., $v = 131{,}0$ C.-C., $G = 541{,}5$ Grm., so ist das specifische Gewicht:

$$\text{Spec. Gew.} = \frac{541{,}5}{631{,}8 - 131{,}0} = \frac{541{,}5}{500{,}8} = 1{,}0814.$$

Dasselbe Princip liegt der Methode von Schwarz zu Grunde. Es wird dazu der in Fig. 89 dargestellte Apparat benutzt. Der Cylinder *A* hat unten einen

Fig. 89.



Tubulus, in welchen mittelst eines Korks die gebogene Glasröhre *a* eingesetzt wird. Man füllt zunächst den Cylinder so weit mit Wasser, bis dieses durch das Rohr abfließt, und stellt das Glas *B* unter, welches im Ganzen 500 C.-C. Wasser faßt und dessen Hals so lang und weit ist, daß etwa 100 C.-C. hineingehen. Bis zu einem Punkte am unteren Theile des Halses enthält die Flasche 400 C.-C., von da ab aufwärts ist der Hals in 0,5 C.-C. getheilt. Läßt man nun vorsichtig die Kartoffeln, welche genau in der Quantität von 500 Grm. abgewogen sind, in das Wasser gleiten, so fließt durch das Rohr *a* so viel Wasser in die Flasche *B* ab, als ihrem Volum entspricht, und dieses kann man unmittelbar an dem Halse der Flasche ablesen. Es ist dasselbe, wie bei der vorigen Methode durch die Werthe V — v gefunden wurde. Es hat diese Methode nur den Nachtheil, daß beim Einbringen der Kartoffeln stets ein Schwanken des Wasserniveaus stattfinden muß, wodurch immer etwas mehr Wasser ausfließen wird, als dem Volum der Kartoffeln entspricht, so daß das specifische Gewicht nie mit absoluter Schärfe bestimmt werden kann.

Nach dem gefundenen specifischen Gewicht kann man aus folgender Tabelle, nach Balling, unmittelbar den Gehalt an Stärkemehl und Trockensubstanz ablesen.

Spec. Gewicht.	Gehalt an		Spec. Gewicht.	Gehalt an	
	Stärke-mehl.	Trocken-substanz.		Stärke-mehl.	Trocken-substanz.
1,060	9,54	16,96	1,096	17,75	25,42
1,061	9,76	17,18	1,097	17,99	25,66
1,062	9,98	17,41	1,098	18,23	25,91
1,063	10,20	17,64	1,099	18,46	26,15
1,064	10,42	17,87	1,100	18,70	26,40
1,065	10,65	18,10	1,101	18,93	26,64
1,066	10,87	18,33	1,102	19,17	26,88
1,067	11,09	18,56	1,103	19,41	27,13
1,068	11,32	18,79	1,104	19,65	27,37
1,069	11,54	19,02	1,105	19,89	27,62
1,070	11,77	19,26	1,106	20,13	27,86
1,071	11,99	19,49	1,107	20,37	28,11
1,072	12,22	19,72	1,108	20,61	28,36
1,073	12,45	19,95	1,109	20,85	28,61
1,074	12,67	20,18	1,110	21,09	28,86
1,075	12,90	20,42	1,111	21,33	29,10
1,076	13,12	20,65	1,112	21,57	29,35
1,077	13,35	20,89	1,113	21,81	29,60
1,078	13,58	21,13	1,114	22,05	29 85
1,079	13,81	21,36	1,115	22,30	30,10
1,080	14,04	21,60	1,116	22,54	30,35
1,081	14,27	21,83	1,117	22,78	30,60
1,082	14,50	22,07	1,118	23,03	30,85
1,083	14,73	22,31	1,119	23,27	31,10
1,084	14,96	22,54	1,120	23,52	31,36
1,085	15,19	22,78	1,121	23,76	31,61
1,086	15,42	23,02	1,122	24,01	31,86
1,087	15,65	23,26	1,123	24,25	32,11
1,088	15,88	23,50	1,124	24,50	32,36
1,089	16,11	23,74	1,125	24,75	32,62
1,090	16,35	23,98	1,126	24,99	32,87
1,091	16,58	24,22	1,127	25,24	33,13
1,092	16,81	24,46	1,128	25,49	33,38
1,093	17,05	24,70	1,129	25,74	33,64
1,094	17,28	24,94	1,130	25,99	33,90
1,095	17,52	25,18	1,131	26,24	34,16

Versuche von Pohl haben die Richtigkeit dieser Zahlen bewiesen. Die von ihm gefundenen Werthe weichen so wenig von den obigen ab, daß sie mit Ausnahme von zwei Zahlen als gleich betrachtet werden können.

Die Kartoffeln bestehen aus einem Aggregat von Zellen, die mit einer wäßrigen Flüssigkeit und in dieser schwimmenden Stärkemehlkörnchen gefüllt sind. Um das Stärkemehl in Zucker verwandeln zu können, müssen die Kartoffeln nicht allein zerkleinert, sondern es müssen auch die Zellen zerrissen werden, damit die Stärke austreten kann. Es kann dies auf sehr verschiedene Weise geschehen. Man kann die Kartoffeln zerschneiden, trocknen und mahlen, man kann sie, ähnlich wie es in Stärkefabriken geschieht, zerreiben, oder endlich man kann sie kochen und quetschen. Die letztere Methode ist die in Spiritusfabriken und Branntweinbrennereien allgemein übliche, weil sie am leichtesten, mit den einfachsten Apparaten und den geringsten Kosten ausführbar ist und dabei das beste Resultat giebt.

Beim Kochen oder Dämpfen schwellen die Stärkemehlkügelchen an, quellen im Zellwasser auf und absorbiren dieses vollständig. Eine Verkleisterung kann dabei aber nicht eintreten, weil die einzelnen Körner durch die Zellmembranen von einander getrennt sind. Durch das Aufquellen werden die Zellmembranen so straff gespannt, daß sie bei jedem von außen darauf ausgeübten Druck zersprengt werden. Läßt man daher die gedämpften Kartoffeln durch die Quetschwalzen, welche oben beschrieben sind, passiren, so erhält man eine scheinbar völlig trockne, pulverförmige Masse, die trotzdem aber noch durchschnittlich 75 Proc. ihres Gewichts Wasser enthält.

Das Stärkemehl der Kartoffeln kann ebenso wenig wie das des Getreides ohne die Einwirkung der Diastase in Zucker übergehen. Die Kartoffeln müssen daher immer unter Zusatz von Malz verarbeitet werden. Bei der Zuckerbildung verschwindet die Stärke, und das Wasser, welches sie aufgesogen hatte, wird wieder frei, so daß man aus sehr steifem Teig eine dünne Maische erhält.

Einmaischen. Bei der Maischung der Kartoffeln kommen ebenso viele und wohl noch mehr verschiedene Verfahren in Anwendung wie beim Getreide, die schließlich sämmtlich auf dasselbe, auf eine möglichst vollständige Zuckerbildung hinauslaufen und sie auch mehr oder weniger gut erreichen lassen.

Den Kartoffelquetschen giebt man wohl jetzt allgemein so ihren Platz, daß sie unmittelbar über dem Maischbottich liegen und die zerquetschte Kartoffelmasse fast siedend heiß hineinfallen lassen. Selbst wenn man, wie bei dem Siemens'schen Apparate, das Kartoffelmehl in einem besonderen Kasten auffängt und es in diesem zum Maischbottich bringt, so wird keine sehr bedeutende Temperaturerniedrigung stattfinden. Da nun in dem Mehle durchschnittlich 75 Proc. fast siedend heißes Wasser enthalten sind, so muß das Maischverfahren nothwendiger Weise ein anderes sein wie beim Getreidemaischen. Es braucht nicht warm eingeteigt zu werden, es braucht nicht durch heißes Wasser gaar gebrannt zu werden.

Auf je 1000 Pfd. Kartoffeln bringt man 70 bis 80 Quart kaltes Wasser von 20 bis 25° C. (16 bis 20° R.) in den Maischbottich und fügt 50 Pfd. Malz, am besten Grün- oder Filzmalz, hinzu und läßt dieses durch das Rührwerk oder durch Handarbeit gut vermischen. Kurze Zeit darauf, schon nach einer viertel bis halben Stunde setzt man das Quetschwerk in Gang und läßt nun die Kartoffeln ununterbrochen in die Maische fallen, wobei durch kräftige Bearbeitung mit dem Rührwerk für gleichmäßige Vertheilung gesorgt wird. In dem Maße, wie die Kartoffelmasse hinzukommt, verdickt sich die Maische mehr und mehr, so daß es bei Handarbeit schließlich kaum mehr möglich ist, die Vertheilung gut genug zu bewirken. Tritt dieses ein, so muß man den Zusatz der Kartoffelmasse einige Zeit lang unterbrechen und durch die eintretende Zuckerbildung eine Verflüssigung der Maische herbeiführen. Man hat aber dabei den Nachtheil, daß die Temperatur zu sehr sinkt, so daß endlich, nachdem alle Kartoffeln im Bottich sind, die Wärme nicht ausreichend ist. Es ist daher namentlich beim Kartoffelmaischen der Gebrauch der mechanischen Rührvorrichtung geboten; nur damit ist es möglich, in kürzester Zeit eine gleichmäßige klumpenfreie Maische herzustellen.

Die Temperatur, bei welcher die Zuckerbildung stattfindet, ist dieselbe wie bei der Getreidemaische, am günstigsten verläuft sie bei 64 bis 65° C. (51 bis 52° R.) und erfordert ungefähr zwei Stunden, während welcher Zeit der Bottich bedeckt gehalten wird.

Oben ist schon angegeben, daß ein Zusatz von Hefe zur Maische sehr günstig wirkt und daß dieses zuerst von Balling, später von Schubert empfohlen sei. Nach Schubert's Methode verfährt man folgendermaßen, wenn man 5000 Pfd. Kartoffeln und 250 Pfd. Grünmalz verarbeiten will.

Ungefähr 40 Stunden vor dem Beginn des Einmaischens werden im Hefengefäß Nr. 1 60 Pfd. Grünmalz mit 24 Quart Wasser von 75 bis 80° C. (60 bis 65° R.) eingeteigt und mit 18 Quart Wasser von 90 bis 94° C. (72 bis 75° R.) gaar gebrannt. Nach 20 Stunden muß die Temperatur der Hefenmaische auf 22° C. (18° R.) abgekühlt sein. Vier Stunden später wird sie mit 5 Quart Bierhefe oder einer entsprechenden Menge Preßhefe angestellt, nachdem zuvor ½ Pfd. fein gesiebtes Gerstenmalzmehl zugesetzt ist.

Fünf Stunden nach dem Einteigen des Hefenguts im Gefäß Nr. 1 wird im Hefengefäß Nr. 2 100 Pfd. Grünmalz mit 40 Quart Wasser von obiger Temperatur eingeteigt und mit 30 Quart gaar gebrannt. 16 Stunden vor dem Anstellen der Hauptmaische wird zu dem Hefengut in Nr. 2 1 Pfd. gesiebtes Gerstenmalzmehl gegeben und mit 8 Quart Bierhefe angestellt. Bei der Bereitung der beiden Hefen gelten dieselben Vorsichtsmaßregeln, die oben bei der Grünmalzhefe angegeben sind.

Eine halbe Stunde vor der Beendigung des Dämpfens der Kartoffeln bringt man 250 Pfd. Grünmalz, 50 Pfd. Roggenschrot und 375 Quart Wasser von 15 bis 20° C. (12 bis 16° R.) in den Maischbottich, nimmt von dem Hefengefäß Nr. 1 18 Quart Mutterhefe ab und giebt den Rest der Hefe zu dem mittlerweile durch das Rührwerk eingeteigten Malz und Schrot. Das Einmaischen, die Zuckerbildung und das Kühlen erfolgen dann auf beschriebene Weise. Die Maische wird bei 17,5° C. (14° R.) mit der Hefe aus dem Gefäße Nr. 2 angestellt, nachdem von derselben 30 Quart Mutterhefe abgenommen sind. Die Mutterhefen von Nr. 1 und 2 dienen dann zum Anstellen frischer Hefe.

Bei dieser Einmaischung und Anstellung wird unverhältnißmäßig viel Hefengut gebraucht. Nach den obigen Angaben rechnet Schubert auf den Scheffel oder 100 Pfd. Kartoffeln 2 Pfd., auf 100 Pfd. Getreideschrot 4½ Pfd. Hefenschrot. Der obige Ansatz müßte daher für 5000 Pfd. Kartoffeln 100 Pfd. und für 300 Pfd. Malz und Roggen 13½ Pfd. Hefenschrot erfordern, statt dessen werden aber verwandt beim Einmaischen der Inhalt des Hefengefäßes Nr. 1 mit 60 Pfd. und beim Anstellen die Hefe von Nr. 2 mit 100 Pfd. Hefenschrot. Durch das Abnehmen der Mutterhefe bekommt nur der erste Bottich entsprechend weniger Hefengut, alle übrigen behalten das volle Quantum.

Die Vegetationskraft der Hefe wird durch erhöhete Temperatur zerstört, höchst wahrscheinlich findet dieses schon bei der zur Zuckerbildung erforderlichen Temperatur von 64 bis 65° C. (51 bis 52° R.) Statt.

Aus diesen beiden Gründen scheint es uns fraglich zu sein, ob es die im Maischbottich zugesetzte Hefe ist, welche die spätere Vergährung befördert, oder ob dieser Einfluß nicht vielmehr dem durch die Säurebildung löslich gewordenen Kleber und den Phosphaten des Hefenguts zugeschrieben werden muß.

In manchen Brennereien wendet man andere Einmaischmethoden an, so z. B. bringt man zuerst die ganze Menge der Kartoffeln mit wenig Wasser in den Bottich und fügt dann das Malz entweder trocken, oder kalt eingeteigt, oder warm eingeteigt hinzu. Diesem ist entschieden zu widerrathen, weil dadurch gerade eine Haupterleichterung des Maischens verloren geht, nämlich die sofort beginnende Zuckerbildung, welche die Maische flüssiger macht. Nur dürfte sich vielleicht eine Modification empfehlen lassen, nämlich die, daß man anfangs nur die Hälfte des Malzes zugiebt und erst, nachdem die Gesammtmenge der Kartoffeln eingeschüttet ist, die andere Hälfte entweder trocken, oder mit ganz wenig Wasser eingeteigt hinzufügt.

Das Kühlen, Anstellen, die Gährung ist dieselbe wie beim Getreidespiritus, nur mit dem Unterschiede, daß man die Kartoffelmaische stets um 1 bis 2° kälter anstellt wie die Getreidemaische.

3) Spiritus aus sonstigen stärkemehlhaltigen Rohstoffen. Im Pflanzenreich finden sich außer den Getreidearten und den Kartoffeln noch manche andere Stärkemehl enthaltende Stoffe. Es ist aber keiner derselben bis jetzt irgendwie im Großen verarbeitet worden, einestheils weil sie im Verhältniß zu ihrem Stärkemehlgehalt zu theuer, wie Erbsen, Bohnen, Linsen, anderentheils weil sie nicht in genügender Menge zu beschaffen sind, wie Kastanien, Eicheln ꝛc. Von diesen zeichnen sich die Früchte der wilden Kastanien durch ihren großen Gehalt an Stärkemehl aus. Wenn man auch nicht so viel davon sammeln kann, um einen regelmäßigen Betrieb darauf zu begründen, so sollten die Brennereien doch an solchen Orten, deren Umgegend durch die Alleen dieser schönen Bäume geziert ist, mehr als es bis jetzt geschieht ihr Augenmerk auf diese Frucht richten, die bislang nur zu unnützen Spielereien der Kinder benutzt wird. Mit geringen Kosten würde man jedenfalls so viel davon sammeln können, um manchen Scheffel Kartoffeln zu ersparen. Die Kastanien können dann nach dem Abschlagen ihrer grünen Rinde mit den Kartoffeln gemeinschaftlich verarbeitet werden. Die geringe Menge eines Bitterstoffs, welcher sich darin findet, beeinträchtigt den Werth der Schlempe nicht im geringsten, die Thiere, welche damit gefüttert werden, gewöhnen sich leicht daran und gedeihen vortrefflich dabei. Wentz in Poppelsdorf verwendet direct die Frucht der berühmten Poppelsdorfer Allee als Viehfutter und hat in den Kastanien sogar in vielen Fällen sehr günstig wirkende medicinische Eigenschaften entdeckt.

Den Uebergang von den stärkemehlhaltigen zu den zuckerhaltigen Stoffen bildet die Erdbirne, der Topinambur, die Knollen von Helianthus tuberosus. Diese Frucht enthält:

	Nach Payen.	Herth.
Traubenzucker	14,70	14,96
Inulin	1,86	—
Pflanzeneiweiß	3,12	3,68
Holzfaser	1,50 }	3,30
Pectinsäure	0,92 }	
Pectin	0,20 }	
Asche	1,29	1,38
Wasser	76,04	76,68

Das Inulin, eine Stärkeart, die ungemein leicht in Zucker übergeht, ist offenbar von Herth übersehen.

Nach Analysen von Neßler enthalten die beiden Varietäten, welche als gelber und rother Topinambur unterschieden werden:

Spec.	Große Rothe Knollen.		Kleine Rothe Knollen.		Große Gelbe Knollen.		Kleine Gelbe Knollen.	
Gew.	1,030		1,044		1,037		1,045	
Holzfaser	2,03		2,43		1,55		2,23	
Inulin	1,34 }		1,33 }		0,87 }		0,99 }	
Zucker	4,30 }		5,20 }		5,20 }		4,52 }	
Lösliche stickstofffreie		} 14,00		} 14,77		} 15,99		} 13,95
Stoffe	8,36 }		9,92 }		5,20 }		8,44 }	
Protein	2,24		2,25		2,07		2,26	
Asche	1,05		1,00		1,34		1,07	
Wasser	80,65		79,55		79,05		80,49	

Die in den letzten Analysen als lösliche stickstofffreie Stoffe aufgeführten Stoffe verwandeln sich zum größten Theil ungemein leicht in Zucker, schon bloßes Kochen genügt dazu.

Das specifische Gewicht giebt keinen Anhalt zur Beurtheilung des Werths der Knollen. Bei Versuchen von Balling lieferten Knollen, deren specifisches Gewicht von 1,0435 bis 1,0529 variirte, beim bloßen Auspressen einen Saft von 1,070 bis 1,0788 spec. Gew. oder 17 bis 19 Proc. Saccharometer. Dieses höhere specifische Gewicht des Safts kann nur dadurch erklärt werden, daß die Knollen mit Luft gefüllte Zellen enthalten, die das specifische Gewicht verringern. Aehnliches wurde schon im Jahre 1825 von Payen beobachtet, Knollen von 1,018 spec. Gew. lieferten Saft von 1,099 spec. Gew.

Bei den immer häufiger eintretenden Mißernten der Kartoffeln, bei den Verheerungen der Kartoffelkrankheit ist dem Anbau des Topinamburs gerade für die Zwecke der Spiritusfabrikation gewiß die größte Aufmerksamkeit zu schenken. Wenn eine Frucht den Kartoffeln Concurrenz machen kann, so ist es der Topinambur, zumal dieser selbst auf armem Boden reiche Erträge giebt, da man keine Krankheiten beobachtet hat, da außerdem das reichliche Laub und die jungen Triebe vom Vieh mit Begierde gefressen werden.

Es scheint jedoch, daß die Qualität des Topinamburs ungemein großen Schwankungen unterworfen ist, worauf schon die ziemlich weit auseinandergehenden Resultate der obigen Analysen hindeuten. Dieses wird noch mehr durch die bis jetzt ganz vereinzelt angestellten Versuche bestätigt. Trommer in Eldena erhielt sehr ungünstige Ausbeuten, Häcker in Ungarisch Altenburg dagegen befriedigende. Bei Versuchen, die im landwirthschaftlichen Garten zu Carlsruhe ausgeführt wurden, gaben 190 Pfd. Knollen folgende Ausbeuten in preuß. Quartprocenten: 203 — 262 — 360 — 282 — 249 — 282 — 753 — durchschnittlich 340.

Der Topinambur kann auf verschiedene Weise verarbeitet werden. Balling und Payen stellten Versuche mit dem ausgepreßten Saft an. Nach ersterem vergohr der Saft von 17 bis 5 Proc. Saccharometer, was einem Alkoholgehalt von 5,14 Proc. entspricht. Weit günstigere Resultate erhielt Payen, sein Saft von 1,0995 spec. Gew. (24° S.) vergohr bis zu 1,0066 (1,6° S.) und würde demnach 9,94 Proc. Alkohol der Berechnung nach enthalten haben. Payen gab an, durch Destillation 9 Proc. gewonnen zu haben. Nach der Zusammensetzung des Safts muß man annehmen, daß dieser beim Balling'schen Versuch noch weiter hätte vergähren können. Wäre er bis auf 2° S. vergohren, so würde er eine Ausbeute von fast 6 ½ Proc. Alkohol gegeben haben und würde damit selbst bei unseren jetzigen Steuerverhältnissen wohl zu verarbeiten sein.

Zweckmäßiger ist es aber gewiß, wenn man die Knollen mit etwas Malz einmaischt; ob sie der leichteren Zerkleinerung wegen vorher gedämpft und gequetscht oder ähnlich wie Rüben zerrieben werden, darüber müssen Versuche im größeren Maßstabe entscheiden. Beim Dämpfen muß man jedoch — wie Otto bemerkt — das im Dämpffasse condensirte Wasser mit in den Maischbottich fließen lassen, da dieses von dem Zuckersafte enthält.

Anwendung der Schwefelsäure statt des Malzes beim Maischen. Daß Stärkemehl durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure bei Siedhitze in Zucker verwandelt werde, ist längst bekannt. Man hat davon seit lange zur Fabrikation des Stärkezuckers Gebrauch gemacht. Versuche zu ihrer Einführung in die Brennerei datiren dagegen aus jüngster Zeit. Ueber den wahrscheinlichen Erfolg derselben im Allgemeinen haben wir uns schon oben ausgesprochen. So lange — wie es thatsächlich bei uns der Fall ist — die Spiritusfabrikation nicht ohne Verwerthung der Schlempe durch Fütterung an Milch- oder Mastvieh bestehen kann, so lange wird und kann ein Verfahren nicht Eingang finden, welches die Benutzung der Schlempe ausschließt. Es könnte die Einmaischung mit Schwefelsäure vielleicht den Vortheil haben, daß dabei die Verwandlung der Stärke in Zucker vollständiger als durch Malz erreicht würde, dennoch würde aber schwerlich der Mehrgewinn an Alkohol den Verlust an Schlempe decken. Um die Umwandlung des Stärkemehls in Zucker zu bewirken, ist ein mehrstündiges Kochen erforderlich, wodurch also außer dem anderen Nachtheil noch der eines weit höheren Brennmaterialaufwandes hinzukommt.

Das Verfahren zur Verarbeitung von Kartoffeln ist im Wesentlichen folgendes:

Die Kartoffeln werden roh zerrieben und im Einmaischbottich mit vielem Wasser angerührt, um die Eiweißstoffe, welche sonst beim Gerinnen das Stärkemehl umhüllen und vor der Einwirkung der Schwefelsäure schützen würden, auszuziehen. Nach einigen Stunden läßt man das Wasser von dem sich am Boden abgelagerten Stärkemehl und der Faser abfließen und giebt auf den Rückstand von je 1 Scheffel Kartoffeln 8 Pfd. Wasser und 1 ½ Pfd. concentrirte Schwefelsäure, womit wenigstens 4 bis 5 Stunden unter einströmendem Dampf gekocht wird. Die saure heiße Flüssigkeit wird

durch Zusatz von Kreide oder Kalkstein neutralisirt, von dem abgeschiedenen schwefelsauren Kalk abgezogen und gekühlt, worauf sie mit Hefe angestellt wird.

Zunächst werden durch Auswaschen mit Wasser die stickstoffhaltigen Stoffe, deren Anwesenheit zur späteren Bildung der Hefe unbedingt erforderlich ist, entfernt. Die Gährung kann also nur durch einen ganz unverhältnißmäßig großen Aufwand an Hefe bewirkt werden. Dann schließt die Anwendung der Säure alle mechanischen Maischapparate aus, da das Eisen der Rührwerke sofort gelöst werden würde. Endlich erhält man eine Masse von Gips, die von der Maische getrennt werden muß und dann doch noch eine große Menge derselben aufgesogen hat, die nur durch Auswaschen gewonnen werden kann, wobei man verdünnte Flüssigkeiten erhält, die nur beim nächsten Einmaischen verwerthet werden können.

Nach dem Verfahren von Leplay für Korn soll man das Schrot zunächst mit seinem gleichen Volum Wasser, dem 2 Proc. Schwefelsäure zugesetzt sind, kalt einteigen und es dann nach und nach in siedendes Wasser, welches 5 bis 6 Proc. Schwefelsäure enthält, eintragen, wobei man den Dampf immer so stark zuströmen läßt, daß die Flüssigkeit nie aus dem Sieden kommt, weil sonst leicht Verkleisterung und Klumpenbildung eintritt. Der günstigste Erfolg soll erzielt werden, wenn man auf 100 Pfd. Getreide 4 bis 6 Pfd. Schwefelsäure anwendet. Das Kochen muß 15 bis 18 Stunden lang unterhalten werden. Der Syrup soll dann 14 bis 18° B. (25 bis 32° S.) zeigen.

In einer Fabrik zu Lille verarbeitet man, nach Otto, täglich 26000 Pfd. Reis mit Salzsäure. Das säurehaltige Wasser, welches 10 bis 11 Proc. Säure vom Gewicht des Reis enthält, wird durch Dampf zum Sieden erhitzt und das Reismehl so eingeschüttet, daß die Flüssigkeit nicht aus dem Kochen kommt. Nach zwölfstündigem Kochen wird die Flüssigkeit mit kohlensaurem Kalk neutralisirt.

Statt der Schwefelsäure Salzsäure anzuwenden, ist gewiß nur zweckmäßig, da bei der Neutralisation lösliches Chlorcalcium gebildet wird, welches also nicht aus der entstandenen Zuckerlösung entfernt zu werden braucht. Es übt auf den Verlauf der Gährung keinen nachtheiligen Einfluß aus. Nur der verhältnißmäßig höhere Preis der Salzsäure dürfte ihre Anwendung erschweren, wenn man nicht vielleicht in der Nähe von chemischen Fabriken gelegen ist und die Säure also wenigstens ohne hohe Transportkosten beziehen kann.

Praktisch anwendbar ist das Einmaischen mit Säuren wohl nur bei der Verarbeitung der Rückstände der Kartoffeln in Stärkefabriken. Diese enthalten immer eine große Menge nicht zerrissener Zellen, die viel Stärkemehl so umhüllen, daß dieses nicht zweckmäßig durch Malz zu verzuckern ist.

Anhang. — Spiritus aus Holz. Schon vor langer Zeit machte Braconnot die Entdeckung, daß Holzfaser beim Vermischen mit concentrirter Schwefelsäure und nachheriger Verdünnung und Kochen in Zucker verwandelt werde. In neuerer Zeit ist dieses für die Spiritusfabrikation angewandt und es soll in Paris eine Fabrik begründet sein, die nach diesem Princip arbeitet — ob sie noch existirt, ist uns nicht bekannt.

Das Verfahren ist im Wesentlichen folgendes: Jede beliebige Holzfaser enthaltende Substanz, also Sägspäne, ausgelaugte Farbhölzer, Blätter, selbst leinene Lumpen (als ob diese nicht schon für die Papierfabrikation genügend gesucht wären!) ꝛc. werden vollständig getrocknet und nach dem Erkalten mit wenigstens ihrem gleichen Gewicht concentrirter Schwefelsäure vorsichtig vermischt, so daß keine Erhitzung dabei eintritt. Nach einigen Stunden läßt sich das Ganze zu einer breiartigen Masse zerreiben, die mit Wasser vermischt und zum Sieden erhitzt wird. Darauf wird die Schwefelsäure mit kohlensaurem Kalk neutralisirt und die Zuckerlösung in Gährung gebracht.

Abgesehen von anderen Umständen scheint dieses Verfahren doch große technische Schwierigkeiten zu haben. Bei in kleinem Maßstabe ausgeführten Versuchen erhielt Ludwig aus 100 Pfd. völlig wasserfreien leinenen Lumpen 1500 Quartprocente Alkohol, während nach der Zusammensetzung der Cellulose zum wenigsten das Doppelte hätte gewonnen werden müssen, wenn die Zersetzung vollständig gewesen wäre.

Der große Aufwand an Schwefelsäure ist es wohl vorzugsweise, der dieses Verfahren scheitern macht. Nimmt man die von Ludwig gefundene Ausbeute von 1500 Quartprocenten an, wendet man auch nicht mehr als gleiche Theile Schwefelsäure und Holzfaser an und berechnet man den Preis der concentrirten Schwefelsäure nur zu 2 Thlr., so erfordert jedes Quart Branntwein von 50 Proc. für 2 Sgr. Schwefelsäure. Kommt dazu der Betrag der Steuer und der sonstigen Fabrikationsunkosten, so wird die Fabrikation gewiß nicht mehr rentabel erscheinen.

Um diese Schwefelsäure auszunutzen, soll nach einem patentirten Vorschlage von Tribouillet die Branntweinbrennerei mit der Stearinsäurefabrikation verbunden werden, und zwar auf die Weise, daß man die saure Maische nicht mehr mit Kalkstein oder Kreide, sondern mit der zur Abscheidung der Stearinsäure aus den Fetten dargestellten Kalkseife neutralisirt. Man erhält dann ein Gemisch von Fettsäuren, Maische und Gips, die sich im Zersetzungsbottich so ablagern, daß die geschmolzenen Fettsäuren auf der Maische schwimmen und der Gips sich am Boden abscheidet.

Es ist möglich, daß größere Stearinsäurefabriken es vielleicht vortheilhaft finden können, ihre Schwefelsäure zu benutzen, um damit zugleich eine gewisse Menge Alkohol zu gewinnen, einen allgemeineren Eingang in der Brennerei wird dieses Verfahren aber dennoch nicht finden.

Läßt man verdünnte, 2- bis 3procentige Schwefelsäure bei einer Temperatur von 180 bis 200° C. (144 bis 160° R.), also unter hohem Druck auf Holzfaser einwirken, so verwandelt sie diese ebenfalls in Zucker. Melsens will dieses im Großen ausführen, indem er Holzspäne und verdünnte Schwefelsäure in einen mit Blei ausgekleideten hermetisch verschließbaren starken Kessel bringt und sie so auf die angegebene Temperatur erhitzt. Es ist dies ein Versuch, der wohl im Laboratorium, aber gewiß nicht beim fabrikmäßigen Betriebe ausführbar ist.

Näheres über die Anwendung der Schwefelsäure in

der Spiritusfabrikation findet sich: Wagner's Jahresbericht der chemischen Technologie 1858, 354; Dingler's Polyt. Journal 138, 424; 146, 317; Otto's Landwirthschaftl. Gewerbe V. Aufl. Bd. I, 469. 476; Wagner's Jahresbericht 1855, 221; 1859, 400; Polyt. Journal 134, 219. 316; 136, 387; 138, 79. 428; 151, 394.

II. Spiritusfabrikation aus zuckerhaltigen Rohstoffen. Nach den zur Verwendung kommenden Materialien können wir auch hier zwei große Gruppen unterscheiden, nämlich:

1) Rohstoffe: Vegetabilien, Rüben, Möhren, Zuckerhirse (Sorghum), Früchte, Beeren &c.

2) Rohstoffe: Nebenproducte anderer Industriezweige, Rübenzuckermelasse, Krappwaschwasser &c.

1) Rübenspiritus. Von den nicht stärkemehlhaltigen Vegetabilien ist unstreitig die Rübe und zwar die Zuckerrübe für unsere Verhältnisse der wichtigste Rohstoff für die Spiritusfabrikation. Ihrer allgemeinen Einführung steht nichts im Wege als unsere Steuergesetzgebung, weil es nicht möglich ist, mit Rüben den Gährraum so hoch auszunutzen wie mit Kartoffeln, oder weil ein gegebenes Quantum Rübensaft keine so hohe Ausbeute an Alkohol zu geben vermag wie ein gleich großes Quantum einer dicken Kartoffelmaische. Fallen solche Ungleichheiten mit der Einführung der Fabrikatsteuer hinweg, so werden sofort eine Reihe von Rübenspiritusfabriken entstehen, oder es werden, wie es in Frankreich thatsächlich geschehen ist, die Zuckerfabriken sich auf doppelten Betrieb einrichten, um je nach der für Zucker oder Alkohol günstigeren Conjunctur ihre Rüben entweder auf den einen oder den anderen Artikel zu verarbeiten. Es wird dadurch allerdings den Kartoffelbrennereien eine schwere Concurrenz entstehen, die manche derselben wohl nicht ertragen können.

Die Fabrikation des Rübenspiritus finden wir im größten Maßstabe in Frankreich. Dann in Würtemberg, wo die Besteuerung zuckerhaltiger Rohstoffe ihre Verarbeitung gestattet; um die Hebung der dortigen Fabrikation hat Siemens in Hohenheim die größten Verdienste. In der Magdeburger Gegend werden Rüben gemeinschaftlich mit Kartoffeln verarbeitet, um durch den höheren Extractgehalt der Kartoffelmaische die Ausbeute vom Quart Gährraum zu steigern. Es lassen sich im Wesentlichen folgende verschiedene Fabrikationsmethoden unterscheiden:

1) Die Rüben werden in Brei verwandelt und als solcher in Gährung gebracht;
   a) die Rüben werden vor dem Reiben durch Dampf gaar gekocht;
   b) die Rüben werden roh zerrieben.

2) Der Saft wird vom Mark getrennt und nur der Saft angestellt, und zwar wird der Saft gewonnen:
   a) durch Reiben und Auspressen oder Ausschleudern;
   b) durch Maceration der in Scheiben geschnittenen Rüben;
   c) durch Kochen der Rübenschnitte mit Schwefelsäure und Ausschleudern, wobei ein Theil des Marks durch Behandlung mit Schwefelsäure in Zucker verwandelt werden kann.

3) Der in den Rübenschnitten enthaltene Zucker wird in gährendem Rübensafte in Gährung gebracht, wobei nur die gegohrenen Schnitte zur Destillation kommen.

Von diesen Methoden sind unstreitig die sub 1 a) — diese namentlich für kleinen Betrieb — 2 c) und 3) die wichtigsten. Wir werden daher diese ausführlicher berücksichtigen. Da viele der dabei in Betracht kommenden Operationen völlig identisch mit denen der Zuckerfabrikation und dieser nur entlehnt sind, so können wir diese hier nur kurz andeuten und verweisen wegen des Näheren auf den diesen Gegenstand speciell behandelnden Artikel dieses Werks.

Dämpfen der Rüben und Gährung des Breies. Dies Verfahren wurde wohl zuerst im Jahre 1844 in Frankreich angewandt. Zwei Patente aus diesem Jahre sagen darüber Folgendes: Laterme-Delagrange setzt die Rüben in einem Fasse der Einwirkung von Dampf aus, zerquetscht sie, läßt sie mit wenig heißem Wasser und kurzem Haferstroh digeriren, kühlt durch Zusatz von kaltem Wasser auf 25° C. (20° R.), setzt auf 1000 Kilo Rüben 5 Liter Bierhefe zu und läßt gähren. Douay-Lensens läßt die Rüben in geschlossenen Gefäßen kochen, wobei er das aus dem Dampf verdichtete Wasser so lange abfließen läßt, bis es ohne Geschmack und Geruch abläuft. Auf 2000 bis 2200 Liter Masse setzt man 6 bis 8 Liter Bierhefe und 1 Proc. Gerstenmalz zu und läßt gähren. Man gewinnt von 1000 Kilo Rüben 70 bis 80 Liter Alkohol.

Nach Siemens verarbeitet man die Rüben in kleinen Brennereien am zweckmäßigsten, indem man sie wie Kartoffeln dämpft. Es sind jedoch immer zwei Dämpffässer so mit einander verbunden, daß der oben aus dem einen austretende Dampf zum Vorwärmen im zweiten Fasse benutzt wird. Dies ist nothwendig, weil die Rüben vermöge ihrer Form nicht so dicht geschichtet werden können wie Kartoffeln und also große Zwischenräume lassen, die der Dampf rasch durchstreicht, ohne ausgenutzt zu werden. Am besten leitet man den Dampf nach dem Ausströmen in ein sehr hohes mit Wasser gefülltes Faß, um so den Dampf unter schwachem Druck auf die Rüben wirken zu lassen.

Durch das Dämpfen werden manche Bestandtheile des Rübensaftes coagulirt und zwar gerade die, welche leicht ein rasches Verderben der Masse herbeiführen, indem sie die Schleimgährung sehr befördern.

Die gaar gedämpften Rüben lassen sich nicht wie die Kartoffeln zwischen glatten Walzen zerquetschen, da sie von diesen beim Umgange nicht gefaßt werden. Eine so vollständige Zerkleinerung, wie bei den Kartoffeln ist aber auch durchaus nicht erforderlich, man braucht die Stücke nur so weit zu zerquetschen, daß sie später die Röhrenleitungen und Hähne der Destillationsapparate nicht verstopfen. Wahrscheinlich werden dazu die oben (S. 216) abgebildeten Stachelwalzen genügen. Am besten erreicht man die Zertheilung durch Reiben, wie sie in den Zuckerfabriken angewandt werden, die Zähne derselben können jedoch weit länger genommen werden, wodurch eine raschere Arbeit erlangt wird. Man richtet die Operationen so ein, daß die am Abend gedämpften Rü-

ben erst am folgenden Morgen zur Reibe oder Walze kommen, während der Nacht bleiben sie in Körben stehen, um so weit abzukühlen, daß sie nach Zusatz der erforderlichen Wassermenge die zum Anstellen richtige Temperatur haben.

Der Brei ist so consistent, daß man ihm nur durch Zusatz von Wasser die zur Gährung erforderliche Flüssigkeit geben kann. Es werden bei 100 Pfd. Rüben mindestens 50 Pfd. Wasser nöthig, so daß in einer solchen Maische auf 1 Th. Trockensubstanz etwa 7 Th. Wasser kommen.

Die Gährung wird durch Hefe eingeleitet. Auf 100 Quart Maische nimmt man nach Siemens 3 bis 4 Quart Bierhefe, deren Gehalt an Hopfenbitter die sonst zu stürmisch verlaufende Gährung mäßigt. Die Gährung erfolgt dennoch rasch und erfordert nicht weniger als $1/5$ Steigraum. Durch Zusatz von Molken soll an Gährraum gespart werden können, indem die Masse dann weniger steigt.

In kleinen würtembergischen Brennereien erhält man durchschnittlich von 100 Pfd. Rüben 4,8 Quart à 45 Proc., also 216 Quartprocente, diese erfordern aber 80 Quart Gährraum. Mithin liefert ein Quart Gährraum $\frac{216}{80}$ = 2,7 Proc. Alkohol — ein Ertrag, bei dem man nach dem preußischen Gesetze nicht bestehen kann.

Die Resultate, welche bei der Verarbeitung von gedämpftem Rübenbrei, anfangs unter Zusatz von Rübenzuckermelasse, um die Concentration der Maische zu erhöhen, beim praktischen Betriebe von Rehfeld auf Tucheband in Preußen gewonnen worden, sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. Der Zusatz der Melasse wurde bei den späteren Versuchen wieder aufgegeben, weil es sich herausstellte, daß das Vieh solche Schlempe nur mit Widerwillen verzehrte, und daß der Spiritus einen schlechten Geruch und Geschmack annahm; ebenso zeigte sich durch den Zusatz von Schrot ein Nachtheil, der darin bestand, daß solche Maische zu früh abgohr und leicht in saure Gährung überging. Aus den Versuchen ging hervor, daß die Rüben bei einem Spirituspreise von $21\frac{1}{2}$ Thlr. per berliner Faß und einer Ausbeute von $4\frac{1}{2}$ Proc. vom Quart Gährraum sich mit $7\frac{1}{2}$ Sgr. pro Ctnr. bei freier Schlempe verwertheten.

Resultate verschiedener Versuche mit dem Einmaischen von Zuckerrüben im Winter $18^{53}/_{54}$.

Laufende Nummer.	Datum: der Einmaischung.	Datum: des Abbrennens.	Es wurden gemaischt auf circa 2160 Quart Gährungsraum: Zuckerrüben. Ctr.	Zuckerrüben. Pfd	Melasse. Ctr.	Melasse. Pfd.	Gerstenmalz zur Hefe. Ctr.	Gerstenmalz zur Hefe. Pfd.	Gerstenschrot. Ctr.	Gerstenschrot. Pfd.	Roggenschrot. Ctr.	Roggenschrot. Pfd.	Lupinenschrot. Ctr.	Lupinenschrot. Pfd.	Davon wurden gezogen: Quart.	Davon wurden gezogen: Proc.	Summa der Procente.	Mithin pr. Quart Maischraum. Proc.
1	Janr. 25.	Janr. 28.	30	—	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	93½	73	6752	3,09
2	„ „	„ „	30	—	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	93½	73	6752	3,09
3	Febr. 1.	Febr. 4.	30	—	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	118	77	9086	4,20
			Brei															
4	„ „	„ „	29	51	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	68	70	4760	2,20
5	„ 2.	„ 5.	30	—	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	98	78	7644	3,58
			Brei															
6	„ „	„ „	29	51	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	54	64	3456	1,60
7	„ 6.	„ 9.	30	—	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	128	75	9600	4,44
			Turnips*)															
8	„ 8.	„ 11.	30	—	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	94	76	7144	3,31
9	„ 27.	März 2.	31	40	1	55	—	36	1	55	—	—	—	—	131	76	9956	4,50
10	„ 28.	„ 3.	31	40	1	55	—	36	—	—	1	55	—	—	120	61	7320	3,73
11	März 1.	„ 4.	31	40	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	128	78	9984	4,55
12	„ 5.	„ 8.	31	40	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	128	74	9472	4,39
13	„ 6.	„ 8.	31	40	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	133	74	9842	4,55
14	„ 7.	„ 9.	31	40	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	134	76	10184	4,72
15	„ 12.	„ 14.	31	40	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	115	78	8970	4,15
16	„ 13.	„ 16.	31	40	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	115	79	9085	4,20
17	„ 14.	„ 17.	31	40	1	55	—	36	—	—	—	—	—	—	124	79	9796	4,54
18	„ 21.	„ 24.	30	—	—	—	—	36	—	—	—	—	—	80	103	71	7313	3,39
19	„ 22.	„ 25.	27	77	—	—	—	36	1	55	—	—	—	80	115	76	8740	4,46

*) = Feldrunkelrüben.

Resultate der Rübenverwerthung zu Spiritus im Herbst 1854.

Laufende Nummer.	Datum der Einmaischung.	Datum des Abbrennens.	Es wurden gemaischt: Rüben. Ctnr.	Hefenmalz. Pfd.	Trocknes Gerstenmalz. Pfd.	Grünes Gerstenmalz. Pfd.	Spiritus. Quart.	à Proc.	Summa. Proc.	pro Quart Maischraum. Proc.
			In 3 Bottichen.							
1	Septbr. 11.	Septbr. 14.	90	210	—	—	373	78	29094	4,49
2	„ 12.	„ 15.	90	210	660	—	370	78	28860	4,45
3	„ 13.	„ 16.	90	210	—	—	372	78	39016	4,48
4	„ 14.	„ 17.	90	210	—	—	380	76	28880	4,45
5 6	„ 15. „ 16.	„ 18.	120	280	—	—	481	76	36556	4,30
			Zweitägige Maische.	In 2 Bottichen.						
7	„ 17.	„ 19.	60	140	—	408	262	76	19912	$4\,^{2628}/_{4321}$
8	„ 18.	„ 20.	60	140	—	408	250	76	19000	$4\,^{1600}/_{4350}$
9	„ 19.	„ 21.	60	140	—	—	250	76	19000	dto.
10	„ 20.	„ 22.	60	140	—	—	250	75	18750	$4\,^{1278}/_{4368}$
11	„ 21.	„ 23.	60	140	—	—	252	$76\frac{1}{2}$	19278	$4\,^{1994}/_{4321}$
12	„ 22.	„ 24.	60	140	—	—	233	73	17009	4
13	„ 23.	„ 25.	60	140	—	—	210	77	16170	$4\,^{3210}/_{4320}$
14	„ 24.	„ 26.	60	140	—	—	243	75	18225	$4\,^{941}/_{4321}$
15	„ 25.	„ 27.	60	140	—	—	236	76	17936	$4\,^{734}/_{3268}$
16	„ 26.	„ 28.	60	140	—	—	246	77	18942	$4\,^{2614}/_{4332}$
17	„ 27.	„ 29.	60	140	—	—	250	75	18750	$4\,^{1470}/_{4320}$
18	„ 28.	„ 30.	60	140	—	—	254	78	19812	$4\,^{3340}/_{4368}$
19	„ 29.	Octbr. 1.	60	140	—	—	234	76	17784	$4\,^{500}/_{4321}$
20	„ 30.	„ 2.	60	140	—	—	186	79	14694	$3\,^{1698}/_{4332}$
			Dreitägige Maische.							
			Mit der Reibe. 6 Bottiche.							
21	Octbr. 1. 2. 3.	Octbr. 4. 5. 6.	180	420	—	—	715	77	55055	$4\,^{25}/_{129}$
22	„ 4. 5.	„ 7. 8.	180	420	—	—	724	$77\frac{1}{2}$	56110	$4\,^{25}/_{129}$
23	Nov. 10. 11.	Nov. 13. 14.	240	560	—	—	604 416	83 81	83828	4,82

Zerreiben der rohen Rüben und Gährung des Breies. Die Rüben werden roh auf der in den Zuckerfabriken gebräuchlichen Reibe in Brei verwandelt. Theils um das Zerreiben zu erleichtern, theils um den consistenten Brei genügend zu verflüssigen, ist es erforderlich, Wasser in beträchtlicher Menge zuzusetzen. 100 Pfd. Rüben liefern ohne Wasser, nach Otto, etwa 53 Quart Brei, sein Volum muß aber durch Wasser nahezu verdoppelt werden. Beim Verarbeiten der rohen Rüben setzt man stets sofort nach der Zerkleinerung eine gewisse Menge Schwefelsäure, 1 bis 2 Th. auf 1000 Th. Rüben hinzu, wodurch die Schleimgährung verhindert und die Alkoholgährung befördert wird. Die Schwefelsäure zersetzt dabei die organische Säuren enthaltenden Salze des Safts, so daß, wenn man nicht mehr als die angegebene Menge Schwefelsäure anwendet, nie freie Schwefelsäure, sondern die weit schwächeren organischen Säuren im freien Zustande bleiben, deren Genuß keine nachtheiligen Folgen auf die Gesundheit der mit der Schlempe zu fütternden Thiere haben kann.

Die Gährung wird durch Zusatz von Bierhefe eingeleitet. Sie tritt sehr rasch ein, treibt die große Menge Treber an die Oberfläche und verläuft meist ziemlich wild, so daß man bedeutend großen Steigraum haben muß. In Belgien erhielt man — nach Otto — nicht mehr als 2,25 Quartprocent Alkohol vom Quart Gährraum.

Gährung des durch Auspressen oder Schleudern gewonnenen Safts. Die Gewinnungsmethoden des Safts sind die jetzt in den allermeisten Zuckerfabriken üblichen. Während des Reibens läßt man dabei bis 20 Proc. Wasser zu den Rüben fließen, um den Brei zu verdünnen und den unvermeidlich in den Preßrückständen bleibenden Zuckergehalt zu verringern. Die Rückstände aus der Presse oder der Centrifugalmaschine haben denselben Futterwerth wie die der Zuckerfabriken und können ebenso wie diese lange aufbewahrt werden. Unmittelbar nach dem Auspressen säuert man den Saft mit Schwefelsäure an und nimmt dabei auf 1000 Pfd. Saft circa $1\frac{1}{2}$ Pfd. Säure.

Durch den Zusatz von Schwefelsäure wird aus dem Saft ein Körper in schmutzigbraunen Flocken gefällt, der als Ferment wirkt und zugleich durch seine Abscheidung den Saft bei weitem flüssiger und weniger schleimig macht. Ein Saft, der ohne Schwefelsäure oder mit einer ungenügenden Menge angestellt wird, vergährt höchst unregelmäßig unter Bildung von starkem Schaum, so daß der Saft aus den Bottichen fließt und später bei der Destillation die größten Schwierigkeiten veranlaßt.

Zum Anstellen bedient man sich der Hefe oder zweckmäßiger, nach französischem Verfahren, eines Theils des am vorigen Tage in Gährung gebrachten Safts, was aber bei uns nicht zulässig ist. In Belgien erlangt man — nach Otto — dadurch eine sehr regelmäßige Gährung, daß man einen Theil des Safts zuerst bei 30 bis 32° C. (24 bis 26° R.) mit der ganzen Menge der Hefe anstellt und dann den übrigen Raum des Bottichs durch Zufließen des Restes langsam füllt, so daß vom Vorstellen bis zum beendigten Anstellen wenigstens 1½ Stunden verfließen.

Der angesäuerte Rübensaft kommt jedoch bei einer Temperatur von 22 bis 25° C. (18 bis 20° R.) auch freiwillig, ohne Zusatz von Ferment in Gährung. Nach 12 Stunden tritt die Gährung ein und ist durchschnittlich nach 3 Tagen beendet. Die Ausbeute übersteigt — nach Siemens — nicht 4 Quartprocente Alkohol vom Quart Gährraum.

Gährung des durch Maceration gewonnenen Safts. Diese Saftgewinnungsmethode ist ebenfalls der Zuckerindustrie entnommen, sie ist aber ganz besonders für die Spiritusfabrikation geeignet, da sie gestattet, mit höchst einfachen Apparaten einen in Betreff der Concentration dem in den Rüben enthaltenen fast gleichen Saft zu erzielen. Um die Einführung dieser Methode haben sich in Würtemberg Siemens, in Frankreich Champonnois besonders verdient gemacht. Ihre Methoden unterscheiden sich wesentlich dadurch von einander, daß Ersterer zum Ausziehen des Safts Wasser, Letzterer Schlempe verwendet. Wir wollen zunächst Siemens' Methode, so wie sie in größeren Brennereien ausgeführt wird, in seinen eigenen Worten wiedergeben:

Die gewaschenen Rüben werden zuerst mit einer horizontal liegenden Scheibe mit glatten Messern in schmale dünne Scheiben zerschnitten. Diese schmalen Streifen, die durch eine besondere Vorrichtung an der Maschine hervorgebracht werden, gestatten ein viel vollständigeres Ausziehen als breite Streifen, die sich leicht so zusammen legen, daß die Flüssigkeit sie nicht gleichmäßig durchdringt. Bei Maschinen mit horizontaler Drehung erreicht man außerdem den Vortheil, daß die Rüben gleichmäßiger zerschnitten werden wie bei den sonst gewöhnlich sich vertical drehenden Scheiben.

Die in Schnitte oder Scheiben zerschnittenen Rüben werden, zum Zerreißen ihrer Zellen und zum Zerstören des nachtheiligen Einflusses ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile, zuvörderst soweit in einer bestimmten Menge Wasser erhitzt, bis sie ganz abgestorben oder abgewelkt erscheinen, hierauf ausgelaugt und der daraus gewonnene Saft nach vorgenommener Klärung und Abkühlung zur Gährung gebracht.

Zum Abwelken der Schnitte wird eine flache runde Pfanne mit directer Heizung benutzt. Statt dieser Pfanne können auch flache runde hölzerne Gefäße angewandt werden, die zur Erhitzung ein horizontal liegendes Schlangenrohr für geschlossenen Dampf erhalten. Eine Erhitzung mittelst direct zugeführten Dampfes zeigte sich als unbrauchbar, weil dabei keine ganz gleichmäßige Vertheilung der Wärme zu erreichen war und die Flüssigkeit durch den condensirten Dampf nicht unerheblich verdünnt wurde, namentlich bei der Anwendung von hoch gespannten Dämpfen, die bei der freien Ausströmung sehr viel Wasser mit fortreißen. Ferner werden, um das Abwelken der Schnitte, das durch stärkere Heizung der erforderlichen gleichmäßigen Erhitzung wegen nicht zu übereilen ist, dennoch zu fördern, am zweckmäßigsten zwei solcher Abwelkgefäße in Anwendung gebracht.

Zum Auslaugen oder Abwaschen der abgewelkten Schnitte wurden in Hohenheim bisher die vorhandenen Auswaschgefäße der Dombasle'schen Maceration benutzt. Es sind dies sechs einfache Gefäße in einem Kreisbogen aufgestellt, in dessen Mitte ein drehbarer Krahn steht, um damit die in Netzen befindlichen Schnitte aus einem Gefäße in das andere bringen zu können. Die aus dünnem Bindfaden gefertigten Netze sind hierzu an einem eisernen Ringe befestigt, wodurch sie in der ganzen Breite des Gefäßes offen gehalten werden, so daß man die Schnitte darin bequem umrühren kann. Der eiserne Ring hat zum Aufziehen eine entsprechende Anzahl Haken und Oesen.

Durch einfache Zu- und Ableitung der Flüssigkeit von einem Gefäße auf das andere, welche zur Vereinfachung dieser Operation mehrfach versucht wurde, konnte bisher keine so rasche und vollständige Auswaschung der in Scheiben geschnittenen Rüben erlangt werden, es steht aber, wie schon erwähnt, zu erwarten, daß dies bei dem Schneiden der Rüben in schmälere Streifen, die sich nicht so dicht zusammenlegen, möglich wird, da diese der Flüssigkeit einen gleichmäßigeren Durchgang gestatten.

Die weitere Erhitzung und Klärung des Safts wird in demselben Gefäße, worin das Abwelken erfolgt, vorgenommen, da derselbe durch das Abwelken der Schnitte oder Aufschließen der Saftzellen die erforderliche Concentration erhält.

Beim Beginn des Betriebs wird die Pfanne oder das Gefäß zum Abwelken mit dem anderthalbfachen Gewichte der abzuwelkenden Portion Rüben mit Wasser gefüllt, was hier 6 Ctnr. beträgt, da jedesmal 4 Ctnr. Rübenschnitte zum Abwelken kommen. Sobald das Wasser auf circa 90° C. (72° R.) erhitzt ist, wird auf obiges Rübenquantum $\frac{1}{10}$ Pfd. Schwefelsäure zugesetzt, da dieser Zusatz auf 10 Ctnr. oder 1000 Pfd. etwa 1 Pfd. betragen soll. Hierauf wird ein größeres Netz in die Pfanne gebracht und die geschnittenen Rüben so schnell als möglich eingetragen, damit die ganze Portion gleichmäßig abwelkt. Unter fleißigem Niedertauchen der anfangs aus der Flüssigkeit hervorstehenden Schnitte wird die durch die kalten Schnitte gesunkene Temperatur wieder bis auf 85° C. (68° R.) gesteigert, welcher Temperaturgrad aber nicht zu überschreiten ist. Die Schnitte fallen bald so weit zusammen, daß sie von der Flüssigkeit völlig bedeckt werden. Die hinreichende Erhitzung ist erfolgt, sobald die Schnitte alle Spannung oder Elasticität verloren haben. Man hat diesen Zeitpunkt genau zu beobachten, da derselbe die Möglichkeit einer raschen und völligen Auslaugung der Rüben bedingt. Weder die zu stark, noch die zu schwach erhitzten Schnitte sind vollständig zu extrahiren. Da diese gleichmäßige Erhitzung bei schwächerer Heizung sicherer zu erlangen steht, diese aber mehr Zeit in Anspruch nimmt, so ist es, wie schon angegeben, zweckmäßiger, zwei Gefäße zum Abwelken zu benutzen.

Sobald die Schnitte hinreichend abgewelkt sind, werden sie mit dem Netze aus der Flüssigkeit entfernt. Wo das Aufziehen eines Netzes nicht gut zu bewerkstelligen ist, können die Schnitte auch mittelst einer Siebschaufel aus der Flüssigkeit entfernt werden, wobei es aber nöthig wird, statt des Netzes einen Siebboden von Holz oder Kupfer in das Gefäß zu bringen, der dann nachträglich noch aus der Flüssigkeit zu heben ist, damit mit demselben die abgewelkten Schnitte vollständig entfernt werden; im anderen Falle würden die zurückbleibenden und zu sehr erweichten Schnitte später ihren Saft nicht mehr verlieren, bald schleimig werden und dadurch nachtheilig auf die Beschaffenheit des Safts wirken. Man hat bei der Anfertigung des Siebbodens nur zwischen den genannten Materialien zu wählen, da das Eisen hier zu schnell von der Säure zerstört würde. Am zweckmäßigsten und billigsten ist die Anwendung eines Holzbodens mit größeren Oeffnungen, die mit durchlöchertem Kupferbleche bedeckt sind.

Die abgewelkten Schnitte kommen in Portionen von je 2 Ctnr. zum Auslaugen in die bezeichneten Netze und Macerationsgefäße, wovon jedes der letzteren 2 Ctnr. Wasser enthält.

Sämmtliche Portionen kommen nach einander in die einzelnen Gefäße. Da die ersten Portionen beim Beginn des Betriebs in zuckerärmere Flüssigkeit gelangen, als die späteren, und dadurch auch schneller ihren Zucker verlieren, so genügen sechs Gefäße, um auch die späteren Portionen vollständig zu extrahiren, wobei das concentrirtere Wasser aus den Waschgefäßen immer zum Abwelken neuer Schnitte wieder benutzt wird. Zur raschen und völligen Extraction wurde es bisher nöthig, die eingetauchten Schnitte in den Waschgefäßen fleißig umzurühren und beim Wechsel der Netze aus einem Gefäße in das andere die Flüssigkeit von den aufgezogenen Schnitten zuvor gleichmäßig ablaufen zu lassen, damit in allen Gefäßen eine gleiche Menge Flüssigkeit bleibe und die concentrirtere mit der noch verdünnteren so wenig wie möglich vermischt werde.

Nach dem Ausleeren des größeren Netzes bringt man dasselbe in die Pfanne zurück und füllt es sogleich wieder mit einer neuen Portion frischer Schnitte. Das Feuer ist dann wieder zu verstärken, damit man die zum Abwelken nöthige Temperatur bald wieder erreicht. Vor dem Einbringen neuer Schnitte erhält die Flüssigkeit jedesmal einen neuen Zusatz von etwa $1/10$ Pfd. Schwefelsäure. Die Menge der erforderlichen Schwefelsäure ist nach Beschaffenheit der Rüben und nach dem Fortgange der Operationen nicht immer gleich; es dient dabei als Regel, immer so viel Schwefelsäure anzuwenden, als nöthig ist, um die bei dem Mangel an dieser Säure eintretende dunklere Färbung der Schnitte zu vermeiden. Da eine größere als die hierzu erforderliche Menge Schwefelsäure nutzlos ist, so wird man an dieser bis zum Beginn einer solchen Färbung, die sich beim Auswaschen zeigt, zu sparen suchen, es darf aber nicht an der nöthigen Säure fehlen, und man verwendet deshalb doch lieber etwas zu viel als zu wenig Säure.

Beim Beginn des Betriebs wird zum Abwelken zunächst nur reines Wasser verwendet, welches erst nach viermaligem Eintauchen frischer Schnitte eine hinreichende Concentration erlangt. Bevor man die concentrirtere oder zuckerige Flüssigkeit aus der Pfanne entfernt, ist sie bis zum Sieden zu erhitzen, und im Fall hierbei eine Probe keine Klärung zeigen sollte, solche durch einen weiteren Zusatz von Schwefelsäure zu bewirken. Nur durch die Erhitzung bis zum Sieden und durch den genügenden Zusatz von Schwefelsäure konnte eine regelmäßige Gährung und günstige Ausbeute an Branntwein mit Sicherheit erlangt werden, weshalb diese Klärung des Safts als nöthig zu bezeichnen ist. Auch zeigt sich jene Klärung des Safts von großem Einfluß auf die Reinheit des Products, da diese so wesentlich durch den Verlauf der Gährung bedingt wird.

Diese Klärung des Rübensafts verursacht allerdings einen Aufwand an Brennmaterial, der wo möglich vermieden werden sollte, allein die dadurch erlangten Vortheile dürften diesen größeren Aufwand leicht ersetzen. Schon die damit verbundene weitere Concentration des Safts läßt den versteuerten Gährraum besser benutzen, und es fragt sich, ob nicht bei einer so hohen Besteuerung des Gährraums wie in Preußen, eine noch weitere Concentration des Safts mittelst der jetzt zu Gebote stehenden besseren Abdampfungen mit Benutzung des Maschinendampfes, wenigstens bei größeren Brennereianlagen, als lohnend sich zeigen würde. Wird nach der Erhitzung des Safts bis zum Sieden die Abkühlung mittelst eines Ventilators bewirkt, so erfolgt auch hierbei schon eine weitere Concentration durch die Verdunstung einer größeren Menge Wasser. Eine stärkere Berührung mit der Luft wirkt bei dem geklärten Safte eben so günstig auf den Verlauf der Gährung, als dies bei den Würzen und Maischen in der Bierbrauerei und Brennerei der Fall ist, nur muß diese Einwirkung auch hier eine möglichst kurze sein.

Nach Entfernung des geklärten Safts aus dem Abwelkgefäße wird dieses mit dem zuckerreichsten Wasser aus den Auslauggefäßen wieder gefüllt. In dieser Flüssigkeit sind dann nur zwei neue Portionen Schnitte abzuwelken, um sie wieder hinreichend concentrirt zu erhalten. Mitunter sieht man sich auch veranlaßt, die Flüssigkeit schon nach dem Abwelken einer Portion Schnitte wieder zu wechseln, weil dies die Gewinnung des Safts beschleunigt, ein rascher Wechsel aber auch das Ausleeren der Waschgefäße oder die Erneuerung des Wassers und damit die vollständigere Gewinnung des Zuckers aus der Rübe befördert.

Das Abwelken der sämmtlichen Schnitte in einer und derselben Flüssigkeit und die directe Verwendung der zuckerreichsten Waschflüssigkeit zur Gährung, welche früher auch versucht wurde und wodurch diese Art der Saftgewinnung sehr vereinfacht und beschleunigt wird, lieferte kein so gutes Resultat, als durch Kochen der sämmtlichen Flüssigkeit zu erlangen war.

In der Hohenheimer Brennerei konnten auf die oben angegebene Weise von Morgens sechs bis Abends acht Uhr bei regelmäßigem Betriebe, bequem 36 Ctnr. Rüben verarbeitet und damit ein Gährgefäß von 1600 Quart gefüllt werden. Da die Rüben beim Abwelken immer einen Theil ihres Safts verlieren, dessen Menge etwas mehr beträgt, als die beim Aufschließen oder Klären verdampfende Wassermenge, so erhält man aus 36 Ctnr.

Rüben gegen 40 Ctnr. Saft, und dieses Quantum wurde hier in sechs Klärungen gewonnen. Das Aufschließen oder Abwelken der 36 Ctnr. Rüben in 9 Portionen à 4 Ctnr. erfolgte in der Weise, daß bei fortgesetztem Betriebe Morgens beim Beginn in der vom vorhergehenden Tage bereits etwas Zucker enthaltenden Flüssigkeit zunächst drei Portionen, in der zweiten Flüssigkeit dann zwei, in der dritten nur eine, in der vierten wieder zwei, in der fünften die neunte oder letzte Portion Schnitte abgewelkt wurden. In die sechste Flüssigkeit kamen in der Regel keine Schnitte zum Abwelken, sie wurde aus den Waschgefäßen sogleich in den Gährbottich oder zuvor noch auf die Kühle gebracht, je nachdem dies die Temperatur des gährenden Safts nöthig machte. Von der übrigen Flüssigkeit, welche zum Auslaugen der letzten Schnitte diente, kam die zuckerhaltigste zum Abwelken für den folgenden Tag in die Pfanne, der Rest blieb in den Auswaschgefäßen zurück. Zur besseren Conservirung dieser zurückbleibenden Flüssigkeit wurde derselben schon Abends eine kleine Quantität Schwefelsäure zugesetzt.

Aus Rüben, deren roher Saft 14 Proc. am Saccharometer zeigte, erhielt man eine 12- bis 13procentige gekochte und dadurch geklärte Flüssigkeit. Bei dem Abwelken einer zehnten Portion Schnitte in der sechsten Flüssigkeit erlangte man eine Concentration des Safts, die nicht unter 13 Proc. betrug, es konnte dann aber die Auswaschung der letzten Schnitte nicht mehr so vollständig erreicht werden, als bei der Füllung des Bottichs mit nur 36 Ctnr. Rüben.

Die Gewinnung des Safts in getheilten Portionen läßt eine rasche Abkühlung und sehr kräftige Gährung erlangen. Sobald die erste Partie Saft, hier also etwa 6 Ctnr. oder der sechste Theil des Ganzen, auf 22 bis 25° C. (18 bis 20° R.) abgekühlt war, kam sie in dem Gährbottiche mit einer gleichen Quantität des gährenden Safts vom vorhergehenden Tage zusammen, der sich als das wirksamste Ferment zeigte, und nur von Zeit zu Zeit erhielt der Saft noch einen weiteren Zusatz von 13 bis 18 Quart der in der Hohenheimer Bierbrauerei gewonnenen Unterhefe. Mit der zweiten Partie des abgekühlten Safts wurde dann zunächst das Gährgefäß des vorhergehenden Tages wieder aufgefüllt. Die dritte Partie kam aber wieder zu dem bereits in Gährung begriffenen ersten Safte. Die Gährung bleibt bei der allmäligen Füllung des Bottichs in ununterbrochenem Gange und ist nach zweimal vierundzwanzig Stunden oder drei Tagen beendigt. Die äußeren Erscheinungen einer regelmäßigen Gährung sind die einer lebhaften Weingährung, ohne einen zähen Schaum abzusondern oder ein Uebergähren befürchten zu lassen.

Die Destillation der Maische wurde ohne erhebliche Differenz in dem Ertrage sowohl am dritten als am vierten Tage vorgenommen. Nur kam bei der Destillation nach dreitägiger Gährung eher ein Ueberkochen der Maische vor, als bei der viertägigen oder älteren. Die Ausbeute aus 36 Ctnr. Rüben betrug bei regelmäßigem Betriebe 160 bis 180 Quart Branntwein zu 50 Proc. nach Tralles, was sich in Quartprocenten auf circa 250 Proc. aus 100 Pfd. Rüben und 5 Proc. pro Quart Gährraum berechnet.

Gestatten die in schmale Streifen geschnittenen Rüben eine vollständige Auslaugung durch bloße Durchleitung der Flüssigkeit von einem Gefäße aufs andere, so wird dadurch nicht nur bedeutend an Arbeit erspart, sondern es ist dann die Ausführung der Methode für den größeren wie für den kleineren Betrieb gleich einfach und anwendbar. Die ausgelaugten Schnitte werden von dem Viehe gern gefressen, ihr Futterwerth stellt sich etwa auf die Hälfte von dem der frischen Rüben. (Siemens.)

Die Methode von Champonnois ist von Payen folgendermaßen beschrieben:

Das Werkzeug zum Zerschneiden der Rüben besteht in einer sich drehenden gußeisernen Scheibe, welche mit vier länglich-viereckigen Oeffnungen versehen ist, in denen Schneiden wie Hobeleisen angebracht sind. Dabei werden die Rüben in dünne Scheiben zerschnitten und diese dann durch kleine, senkrecht auf die Schneide angebrachte Messerchen wiederum in längliche Schnittchen (von 5 Millimeter Breite, 3 Millimeter Dicke und verschiedener Länge) zertheilt, auf ähnliche Weise, wie es mit zu verspeisenden Rüben in den Küchen geschieht.

Das Zerschneiden der Rüben erfordert eine um die Hälfte geringere mechanische Kraft, als das Zerreiben einer gleichen Menge zu Brei erheischt; zwei Menschen an Kurbeln, welche stündlich 25 bis 30 Minuten arbeiten, können in 9 oder 10 Stunden 2250 Kilogrm. (45 Ctnr.) Rüben zerschneiden.

Zur Extraction des Zuckersafts gelangen die Schnitte in einen Bottich, der einen Inhalt von 550 Litern hat. Er hat einen doppelten Boden, der obere ist mit Löchern versehen, und statt nun über die ganze Masse siedendes Wasser zu gießen, bringt man 200 Liter siedende Schlempe (von der Destillation eines vorher derselben Behandlung, der Gährung und Destillation unterworfenen Safts) auf die Schnitte.

Nach Verlauf einer Stunde, während welcher eine solche Kufe von gleicher Räumlichkeit mit Rübenschnitten angefüllt worden ist, zieht man die Flüssigkeit, d. h. den durch Maceration erlangten Saft, von dem ersten Bottich ab und gießt ihn auf die Rüben des zweiten Bottichs. Nun gießt man sogleich eine zweite Portion Schlempe auf die zum Theil schon extrahirte Masse des ersten Bottichs und läßt diese zweite Maceration eine Stunde dauern. Währenddessen füllt man einen dritten Bottich mit den Producten des Rübenschneiders, der in Zwischenzeiten von 25 bis 30 Minuten zu wirken fortfährt.

Das Gemisch von Schlempe und Saft, welches eine Stunde lang auf der dritten Kufe stehen blieb, enthält den Saft, welcher durch drei auf einander folgende Macerationen ausgezogen worden ist. Man zieht es ab und gießt es in einen der drei Gährungsbottiche, die man auf diese Weise zu füllen beginnt. Die abgezogene Flüssigkeit hat ein Volum von etwa 250 Liter, weil ein bedeutender Theil des normalen Safts durch Endosmose verdrängt worden ist und das weich gewordene Zellgewebe sich merklich zusammengedrückt hat.

Der erste Bottich, in welchem zwei Füllungen mit Schlempe, jede eine Stunde, verweilt haben, die dann nach einander abgezogen wurden, empfängt eine dritte Füllung von 200 Liter Schlempe, deren Product man

nach einer halben Stunde abzieht, um es in einen Kessel zu leiten, wo es bis zum Siedpunkte erwärmt wird.

Die Rübenschnittchen, welche nun vollständig extrahirt sind, läßt man abtropfen und nimmt sie alsdann mit einer doppelten Gabel, die mit zwei Griffen versehen ist und deren Schenkel sich um einen Nagel drehen (wie bei den Salatgabeln) aus dem Bottich, um sie als Viehfutter zu verwenden.

Die sehr einfache Arbeit wird nun in solcher Art fortgesetzt, daß von den drei Bottichen abwechselnd der dritte mit Rüben gefüllt wird und sofort die Flüssigkeit empfängt, welche von dem zweiten abgezogen wurde und eine Stunde lang zu einer Maceration gedient hat; im zweiten Bottich wird ein zweites Mal eine Maceration vorgenommen und im ersten Bottich eine dritte Maceration, worauf die etwas zuckerhaltige Schlempe, welche er enthält, dem Wärmekessel zugeführt wird. Wenn man die Flüssigkeit, welche eine Stunde lang auf den neuen Rübenschnitten des dritten Bottichs gestanden hat, abzieht, um sie in die Gährungskufe zu gießen, so empfängt der frisch mit Rüben gefüllte Bottich die einmal macerirte Flüssigkeit, welche sofort durch die Schlempe von einer zu gleicher Zeit ausgeführten Destillation ersetzt wird. Auf solche Weise haben die erschöpften Rübenschnitte wirklich drei successive Aufgüsse von Schlempe erhalten, wovon jedoch die letzte großentheils in dem Zellgewebe der Rübe zurückbleibt, wo sie den Platz des ursprünglich darin enthaltenen Zuckersafts einnimmt. Letzterer ging vom ersten in den zweiten Bottich, dann vollständiger in den dritten Bottich über, von wo aus er in die Gährungskufe gelangt.

Man sieht, daß man jede Stunde 250 Liter zuckerigen Saft für die Gährung bekommt und andererseits 200 Kilogrm. Schnitte, welche mittelst zweier Macerationen ausgezogen sind, von denen die letzte mittelst der aus der Blase kommenden Schlempe bewirkt wurde.

Der Zweck, welchen Champonnois zu erreichen suchte, bestand darin, der Runkelrübe den größten Theil des Zuckers zu entziehen, und ihr dabei die organischen stickstoffhaltigen Stoffe, die schleimigen, fetten und salzigen Substanzen zurückzuerstatten, welche anderen Schnitten durch eine vorhergehende Operation entzogen wurden, kurz, den flüssigen Rückstand aus der Blase dem festen Rückstand beizufügen, welcher durch das Auswaschen mittelst Maceration erhalten wurde; so daß dieser zusammengesetzte Rückstand so ziemlich alle nahrhaften Stoffe der Runkelrübe enthält, abgesehen von etwa 20 Proc. verdampftem Wasser, während der Zucker fast gänzlich in Alkohol und Kohlensäure verwandelt wird. Champonnois erspart auf diese Weise das Wasser nebst dem Brennmaterial zum Erhitzen desselben, welche bisher beim Maceriren und Auslaugen der Schnitte und des Breies der Runkelrüben angewendet wurden.

Das Verfahren der Gährung beruht auf der Anwendung einer bedeutenden Masse von Ferment, welches sich unaufhörlich erneuert und stufenweise auf eine verhältnißmäßig sehr geringe Menge von schwach angesäuertem zuckerhaltigem Saft wirkt. Diese Säuerung erfolgt durch die Säuren, welche in der Schlempe auf Kosten der Bestandtheile der Runkelrübe frei werden; überdies werden die Rüben mit einer sehr geringen Menge, $^{1}/_{2}$ oder $^{1}/_{4}$ Tausendtel Schwefelsäure versetzt, die mit 8 bis 10 Th. Wasser verdünnt ist. Man verwirklicht diese günstigen Bedingungen auf folgende Weise, wobei noch das überschüssige und oft veränderte Ferment, welches sich niedergeschlagen hat, entfernt wird.

Wir zeigten, daß man mittelst einer geregelten Auslaugung und dreier Bottiche stündlich 250 Liter zuckerhaltigen Saft erhält, der fast gänzlich durch die Schlempe ersetzt wird, welche man zum Ausziehen desselben anwandte und die in den theilweise an Zucker erschöpften Schnitten der vorhergehenden Bottiche zurückblieb. Man erleichtert diese Auslaugung, indem man die drei Bottiche durch Röhren mit einander verbindet; das eine Ende einer solchen Röhre steckt zwischen dem Doppelboden des einen Bottichs, das andere Ende geht zum oberen Rande des folgenden, so daß die Füllungen sich in den Bottichen durch bloße Verdrängung, indem man Hähne öffnet, erneuern.

Der gewonnene zuckerhaltige Saft muß eine mittlere Temperatur von 15 bis 16° C. (12 bis 13° R.) haben. In der Regel wird diese Temperatur, wenn es nicht friert, auf natürlichem Wege erreicht, mittelst der Schlempe, welche fast siedend aus der Blase genommen, auf die Rübenschnittchen geschüttet wurde, um die erste Maceration zu bewirken, deren Product die Wärme von 40 bis 50° C. (32 bis 40° R.) hat, während dasjenige der letzten Maceration 15 bis 16° C. zeigt. Uebrigens muß das Local so geschlossen sein, daß mittelst der Wärme der Blase und der Kochapparate letztere Temperatur der Luft unterhalten bleibt. Sollten aber die Rüben in den kältesten Wintertagen eine Temperatur von fast 0° erreicht haben, so wirft man sie, ehe sie zur Schneidmaschine gelangen, einige Minuten in warmes Wasser von 40 bis 45° C.

In dem Maße als die erste Gährungskufe sich mit der Macerationsflüssigkeit füllt, wozu neun Abzüge, jeder von 250 Liter = 2250 Liter erforderlich sind, entwickelt sich die Gährung und schreitet vorwärts. Man veranlaßt ein für alle Mal die Gährung, indem man in die erste Kufe, sobald sie 250 Liter Saft aufgenommen hat, 4 Kilogrm. gute Bierhefe giebt, die vorher in 6 bis 8 Liter Saft oder gewöhnliches Wasser eingerührt worden ist. Dieses Ferment erneuert sich dann während der ganzen Dauer der Operationen von selbst in der Kufe. Nach 24 Stunden setzt man zwei benachbarte Kufen mit einander in Verbindung, so daß sich die gährende Flüssigkeit darin gleich vertheilt.

Man beginnt alsdann beide halbvolle Kufen auf dieselbe Weise zu füllen, wie man die eine gefüllt hat, indem man einen schwachen Zufluß aus den Auslaugegefäßen einführt.

Da erst nach zehn oder zwölf Stunden beide Kufen gefüllt sind, so dauert die Gährung in denselben fort, und zwölf Stunden später erkennt man an dem Aufhören der Kohlensäure-Entwicklung, daß die Gährung (also nach 48 Stunden) fast ganz beendigt ist.

Die eine von den beiden Kufen läßt man in diesem Zustande, damit sie abkühlt und 24 Stunden später zur Destillation gelangen kann; aus der anderen Kufe wird hingegen die Hälfte der Flüssigkeit in eine leere Kufe abgelassen. Letztere zwei halbgefüllte Kufen erhalten

dann den Macerationssaft; mit Hülfe des in der Flüssigkeit suspendirten Ferments, welches auf den Zuckerstoff des neuen Safts einwirkt, wird die Gährung wieder lebhaft; beide Kufen sind am Ende der Tagarbeit gefüllt, die Gährung dauert die Nacht ohne Zusatz fort und hat, wie das erste Mal, in 48 Stunden ihre Hauptphasen durchgemacht.

Man sieht, daß wenn einmal dieser Kreislauf hergestellt ist, man jeden Morgen eine abgegohrene Kufe hat, die man während der Tagarbeit destillirt; ferner eine zweite Kufe, welche man 24 Stunden vergähren läßt; dann eine dritte Kufe, gefüllt mit Flüssigkeit von gleicher Beschaffenheit, die man zwischen dieser und der vierten Kufe vertheilt, welche letztere den Tag vorher entleert worden ist, um den Destillirapparat zu speisen. (Champonnois.)

Siemens' Methode unterscheidet sich vortheilhaft von der anderen dadurch, daß die frischen Rübenschnitte immer zuerst abgewelkt werden, wodurch nur eine vollständige Ausziehung des Zuckers zu ermöglichen ist. Nach Champonnois kommt die heiße Schlempe auf die fast erschöpften Schnitte und fließt von den frischen mit der zur Gährung erforderlichen Temperatur ab, die erschöpften Schnitte werden daher schließlich verbrüht, während die frischen nicht auf die erforderliche Temperatur gebracht werden.

Die Verarbeitung von durch Maceration des Rübenbreies gewonnenem Saft unter Zusatz von getrockneten und gemahlenen Rübenschnitten wurde von Lüdersdorff versucht. Die Gährung war jedoch in den meisten Fällen so stürmisch, daß ein großer Theil der Flüssigkeit verloren ging, trotzdem daß ein bedeutender Steigraum gelassen wurde. Die höchste Ausbeute, bei einem Versuche, der ohne Uebersteigen der gährenden Maische verlief, betrug $6^{11}/_{20}$ Proc. vom Quart Gährraum. Möglicher Weise wäre eine regelmäßigere Gährung durch Zusatz von Schwefelsäure zu erreichen gewesen.

Gewinnung des Safts durch Kochen mit Schwefelsäure. Diese von Weil eingeführte Methode soll die Umwandlung der im Safte enthaltenen fremden Stoffe, wie Gummi, Pflanzenschleim ꝛc. in Zucker bewirken und dadurch eine höhere Ausbeute an Alkohol erzielen lassen.

Die Runkelrüben oder sonstigen Wurzeln werden zertheilt, entweder mittelst der Reibe oder durch Zerschneiden. Man bringt das Material sodann in eine Kufe oder ein sonstiges geeignetes Gefäß. Dasselbe kann offen sein, in Rücksicht auf Abkürzung der Dauer der Operation und die Verringerung der anzuwendenden Säuremenge ist es aber vorzuziehen, sich einer geschlossenen Kufe, die einen Druck von $1^1/_4$ bis 2 Atmosphären aushält, zu bedienen. Die höhere Temperatur, welche in diesem Falle stattfindet, erleichtert und beschleunigt die Umwandlung der Kohlenhydrate in gährungsfähigen Zucker. In die Kufe bringt man circa 20 Proc. vom Gewicht des Materials Wasser und $1^1/_2$ bis 3 Proc. Schwefelsäure von 66° Beaumé. Nachdem man das mit Schwefelsäure vermischte Wasser durch ein am Boden der Kufe liegendes, mit Löchern versehenes Dampfrohr zum Kochen erhitzt hat, fügt man das Rohmaterial hinzu und setzt das Kochen eine genügende Zeit lang fort. Bei dieser Operation wird das Zellgewebe des Materials mürbe gemacht oder zerfressen, so daß man den zuckerhaltigen Saft leicht und möglichst vollständig daraus gewinnen kann. Durch die Schwefelsäure wird außerdem Gummi, Pflanzenschleim ꝛc. in gährungsfähigen Zucker verwandelt. Man beendet die Operation, wenn diese Umwandlung genügend zu Stande gekommen ist. Dann wird die Flüssigkeit durch Abseihen und Auspressen oder mittelst eines Centrifugalapparats von der Cellulose getrennt, worauf man letztere trocknet. Die Flüssigkeit wird mit Kreide gesättigt, der dabei entstandene Gips abgesondert, die Flüssigkeit nach Bedarf abgekühlt und sodann gähren gelassen, worauf man den Weingeist von derselben in gewöhnlicher Manier abdestillirt.

Die im getrockneten Mark der Rüben enthaltene Holzfaser soll ebenfalls in Zucker verwandelt werden, und zwar auf die Weise, daß man die Schwefelsäure, welche zum Kochen einer Portion Rüben bestimmt ist, vorher auf das trockne Mark einer früheren Operation einwirken läßt, wie oben (S. 338) beschrieben ist.

Gährung der Schnitte im Saft. Diese Methode ist von Leplay in Frankreich eingeführt und kommt dort im großen Maßstabe zur Verwendung. Im Wesentlichen derselbe Gedanke wurde schon früher von Otto ausgesprochen, er blieb aber in Deutschland unbeachtet, weil eben die Steuergesetzgebung seine Ausführbarkeit nicht gestattet.

Nach Leplay werden die Rüben auf dieselbe Weise, wie bei der Methode von Champonnois und Siemens in Streifen von 2 bis 3 Centimenter Breite und 3 bis 6 Millimeter Dicke geschnitten. Diese werden in einen Gährbottich gebracht, bis auf dessen Boden ein Dampfrohr reicht, um den Inhalt erwärmen zu können, und in dem oben durch Spannhölzer ein siebartig durchlöcherter Deckel befestigt ist, um mittelst desselben die Schnitte in der gährenden Flüssigkeit zu erhalten. In einen Gährbottich von 5200 bis 5500 Liter (4541 bis 4804 preuß. Quart) bringt man 1500 Kilo (3000 Pfd.) Schnitte und 3000 Liter (2620 preuß. Quart) Saft. Gleich nach dem Hinzufügen der Schnitte oder während desselben, fügt man die erforderliche Menge Schwefelsäure zu. Diese variirt nach der Beschaffenheit der Rüben und muß in solcher Menge gegeben werden, daß die Gährung regelmäßig, ohne zu starke Schaumbildung, verläuft. Auf kalkreichem Boden gewachsene Rüben erfordern mehr Säure als solche, die auf kalkarmem Boden gezogen sind, in Zersetzung begriffene Rüben mehr als frische. Durchschnittlich kann man auf 1000 Pfd. Rüben $3^1/_2$ Pfd. concentrirte Schwefelsäure rechnen. Am zweckmäßigsten verdünnt man die Säure mit Saft oder Wasser und bringt zunächst ein Drittel derselben in den Bottich, dann den dritten Theil der Schnitte, dann wieder ein Drittel der Säure, abwechselnd Schnitte und Säure, bis der Bottich gefüllt ist. Beim Anstellen muß die Temperatur 25 bis 28° C. (20 bis 22,5° R.) betragen, was durch einströmenden Dampf erreicht wird.

Beim ersten Anstellen verschafft man sich die nöthige Menge Saft durch Maceration einer Portion Schnitte mit Wasser, unter Zusatz der nöthigen Schwefelsäure und ruft die Gährung durch Preßhefe oder Bierhefe hervor. Nach 10 bis 20 Stunden ist die Gährung beendet, es wird dann der Deckel geöffnet und die Schnitte

mittelst einer Schaufel oder eines Netzes in einen über dem Gährbottich stehenden Korb oder Trichter geschafft, wo sie den anhängenden Saft in den Bottich zurückfließen lassen. In den zurückbleibenden Saft bringt man neue Schnitte und Schwefelsäure und fügt nur eine geringe Menge Hefe zu, die bei den folgenden Operationen auch nicht mehr erforderlich ist, da sich dann eine genügende Menge Ferment gebildet hat. Das richtige Verhältniß zwischen Rüben und Säure erkennt man am sichersten am Verlauf der Gährung. Tritt diese bei einer Temperatur der Flüssigkeit von 30° C. (24° R.) nach 24 Stunden nicht ein, so ist der Gehalt an Säure zu groß. Man nimmt dann die Schnitte heraus und bringt sie mit Zusatz von Hefe in einen anderen Bottich und füllt den zu sauren Bottich mit frischen Schnitten, die dann eine Abstumpfung des Ueberschusses an Säure bewirken. Ein Mangel an Säure giebt sich durch schleimige Beschaffenheit des Safts zu erkennen.

Durch die Gährung in dem Safte wird der in den Rübenzellen enthaltene Zucker in Alkohol verwandelt. Es ist dies eine interessante Erscheinung, die scheinbar gegen die Theorie der Gährung spricht, nach welcher der Zucker nur in unmittelbarer Berührung mit dem Ferment in Alkohol verwandelt wird. Es muß daher offenbar in den Rübenzellen eine Vegetation von Hefe stattfinden, wenn man nicht annehmen will, daß der Zucker durch Diffusion aus den Rübenzellen austritt und als Alkohol wieder in sie hineingelangt.

Vorzugsweise sind es die Schnitte, welche der Destillation unterworfen werden, und es muß daher ein besonderer Apparat für dieselben construirt werden. Da aber aus den Schnitten während der Gährung immer eine gewisse Menge Saft austritt und das Volum des letzteren in den Bottichen sich daher übermäßig vermehren würde, so muß durch die Destillation immer ein Theil desselben mit beseitigt werden. Auch hierauf ist bei dem Apparate Rücksicht genommen.

Er besteht aus drei, entweder im Kreise oder neben einander stehenden Cylindern, die oben geöffnet und durch einen Deckel hermetisch verschlossen werden können. Vom oberen Theile jedes Cylinders gehen zwei Hahnenröhren ab, von denen die eine jeden Cylinder mit dem Condensationsapparat verbindet, während die andere jedesmal am Boden des nächsten Cylinders mündet, so daß auf diese Weise der erste mit dem zweiten, der zweite mit dem dritten, der dritte mit dem ersten Cylinder in Verbindung steht. Außerdem geht ein Dampfrohr bis auf den Boden eines jeden der Cylinder.

In der Mitte der Cylinder steht eine verticale Stange, die als Träger für eine Anzahl siebartig durchlöcherter Böden oder schalenförmiger Gefäße, die mit den gegohrenen Schnitten gefüllt sind, dient. Diese Stange ist ungefähr bis zu $^1/_5$ ihrer Höhe vom Boden bedeutend stärker wie oben, so daß die Böden oder Schalen, welche in der Mitte eine runde Oeffnung von der Weite haben, daß sie bequem über den oberen Theil der Stange geschoben werden können, nicht tiefer sinken. Der untere Theil des Cylinders bleibt auf diese Weise frei und dient zur Destillation des Safts und zum Entgeisten des Condensationswassers. Die Schalen oder Böden werden an einen über dem zu füllenden Cylinder befindlichen Krahn oder Flaschenzug gehängt, auf die Stange geschoben und dann mit Schnitten gefüllt. Durch Bewegung des Krahns wird die gefüllte Schale an der Stange herabgelassen, bis sie auf dem stärkeren Fuße der Stange ruht. In der Mitte jeder Schale ist ein Rohrstutzen befestigt, der um die Stange greift und dann als Träger für die zweite Schale dient. So werden allmälig alle drei Cylinder gefüllt und der zu destillirende Saft zugegossen, der sich über die Schnitte vertheilt und sich am Boden sammelt. Nach dem Aufschrauben des Deckels läßt man in den ersten Cylinder Dampf einströmen, der zunächst den am Boden befindlichen Saft durchstreicht, ihn zum Sieden erhitzt und dann durch die Rübenschnitte geht. Anfangs stellt man die Verbindung mit dem Condensator her und sperrt sie mit dem zweiten Cylinder ab, so lange man ein genügend starkes Destillat erhält. Sinkt der Gehalt desselben unter die erforderliche Stärke, so läßt man den Dampf statt in den Condensator aus dem ersten in den zweiten Cylinder treten, der dann seinerseits mit dem Kühlapparat verbunden wird. Die noch alkoholhaltigen Dämpfe gehen durch den am Boden des zweiten Cylinders befindlichen Saft, dann durch die Schnitte und endlich in den Condensator. Sinkt hier das Destillat auch unter die gewünschte Stärke, so ist der erste Cylinder erschöpft, er wird dann ganz abgesperrt und entleert. Das Dampfrohr des zweiten Cylinders und das Verbindungsrohr mit dem dritten wird dann geöffnet, der zum Kühlrohr führende Hahn des zweiten Cylinders wird geschlossen, der des dritten geöffnet. Während der zweite Cylinder abgetrieben wird, ist der erste wieder gefüllt, der dann seinerseits mit dem dritten verbunden wird. So geht der Betrieb continuirlich fort, so lange Material zu verarbeiten ist.

Für einen auf täglich 100 Ctnr. Rüben eingerichteten Betrieb giebt man den Cylindern eine Höhe von 6½ Fuß und eine Weite von 2 Fuß. Jeder derselben hat zehn Schalen, hält 7 bis 8 Ctnr. Schnitte und wird in 24 Stunden fünf Mal abgetrieben. Acht Gährbottiche von 2200 Quart Inhalt liefern die vergohrenen Schnitte. Mit einem Doppelapparat, also mit sechs Cylindern von 11 Fuß Höhe und 4½ Fuß Weite sollen von Leplay in fünf Monaten 180,000 Ctnr. Rüben verarbeitet sein.

Die abdestillirten Schnitte wiegen ungefähr halb so viel wie die angewandten Rüben. Sie lassen sich in Erdgruben beliebig lange aufbewahren und liefern ein vortreffliches Futter.

Die Ausbeute an Alkohol beträgt nach La Cambre (dessen Angaben von Otto von Literprocenten auf Quartprocente umgerechnet sind) von 100 Pfd. Rüben 175 Quartprocente, oder nach einer anderen Angabe 244 Quartprocente. Bei Versuchen in Hohenheim erhielt man von 20 Ctnr. Rüben, die in einem Gefäß von 960 Quart zur Gährung kamen, 19 Maß Spiritus zu 90 Proc. oder 2736 Quartprocente, mithin pro Centner 137 Quartprocente. Zu letzterem Versuche müssen offenbar entweder sehr schlechte Rüben genommen, oder die Gährung muß mangelhaft gewesen sein. Denn bei Rüben, die nur 11 Proc. Zucker enthalten, müßte man theoretisch 300 Quartprocente von 100 Pfd. erhalten; nimmt man auch an, daß 20 Procent Zucker nicht in

Alkohol verwandelt werden, so müßte die Ausbeute doch immer 240 Quartprocente betragen.

Bestätigen sich die Angaben von La Cambre, die bei unseren besseren deutschen Zuckerrüben noch beträchtlich höher als 244 Quartprocente zu erwarten sind, so dürfte die Methode von Leplay jedenfalls die zweckmäßigste von allen vorher beschriebenen sein. Sie gestattet großartigen Betrieb und erfordert unstreitig das geringste Anlagecapital, dabei dürfte die Ausbeute vom Gährraum jedenfalls die höchste zu erreichende sein, da die Rüben ohne allen Zusatz von Wasser zu verarbeiten sind; die geringe Menge von Wasser, welche zum Anstellen einer frischen Menge Rüben erforderlich ist, kann kaum in Betracht kommen, da, so lange keine Störung in der Gährung eintritt, die Rüben immer in ihrem eignen Saft gähren.

Literatur über Rübenspiritusfabrikation: Payen, Traité de la distillation des béteraves, Paris 1854; La Cambre, Traité de la distillation; Otto, Lehrbuch der landwirthschaftl. Gewerbe V. Aufl. Bd. I, 485 bis 516; Siemens im Supplem. zu Prechtl's Encyklopädie Bd. II, 19 bis 33; Polytechnisches Journal 129, 146; 130, 370; 132, 437. 442; 133, 378. 435; 137, 72; 142, 142; 150, 421; Wagner's Jahresbericht 1855, 235 bis 243; 1856, 246 bis 258; 1857, 313 bis 318; 1858, 352 bis 353; Lüdersdorff's Annalen der Landwirthschaft 23, 412; 24, 53. 360; Eldenaer Archiv 1854, 1; 1855, 70; Zeitschrift des landwirthschaftl. Vereins in Baiern 1854, 150. 212; 1856, 194; Gall's Bericht über die Rübenspiritus-Industrie in Frankreich, Belgien und der Pfalz in der Zeitschrift für Rheinpreußen 1855, 31; Zeitschrift für das Großherzogthum Hessen 1856, 207.

2) Möhrenspiritus. Die Verarbeitung der Möhren, welche jedoch wohl bis jetzt kaum im Großen ausgeführt ist, ist im Wesentlichen dieselbe wie bei den Zuckerrüben, nur dürfte sich ein Dämpfen der Rüben empfehlen, wegen der mehr holzigen Beschaffenheit derselben. In neuerer Zeit ist die Riesenmöhre von Aubert empfohlen worden, da sie von einer gleichen Fläche Land wenigstens das doppelte Erntegewicht wie Zuckerrüben geben soll. Nach Bosset soll man die Mohrrüben mit 2 bis 3 Proc. Malz einmaischen, um dadurch das darin enthaltene Stärkemehl und Inulin in Zucker zu verwandeln.

3) Zuckerhirsenspiritus. Die Zuckerhirse (Sorghum saccharatum, Holcus saccharatus) ist in neuerer Zeit vielfach ihrer reichen Erträge und ihres hohen Zuckergehalts wegen zum Anbau empfohlen. Ihr Zuckergehalt tritt namentlich während des Reifens des Korns ein. Leplay hat im südlichen Frankreich großartige Fabriken mit bestem Erfolge für die Verarbeitung dieser Pflanze auf Spiritus eingerichtet. Nach mehrjährigen Erfahrungen, die beim Anbau dieser Pflanze auf der landwirthschaftlichen Versuchsstation zu Weende gemacht wurden, eignet sich die Pflanze aber für das Klima des nördlichen Deutschlands nicht. Nur in ausnahmsweise warmen Sommern kommt sie annähernd zur Reife, während sie in mäßig warmen Sommern kaum die Blüthenrispe entwickelt. Auf eine Verwendung zur Spiritusfabrikation ist daher in Deutschland nicht zu rechnen.

4) Obstbranntwein. Das Obst wird wohl nie zur fabrikmäßigen Spirituserzeugung verwandt werden, weil es auf andere Weise besser verwerthet werden kann. Es wird aber in solchen Gegenden, wo es in großen Mengen producirt wird, vielfach zur Darstellung von Branntwein benutzt, der durch seinen angenehmen Geschmack und sein eigenthümliches Aroma besonders geschätzt und hoch bezahlt wird. Im größten Maßstabe wird wohl die schwarze Waldkirsche verarbeitet, aus der in Baden, am Schwarzwald und in der Schweiz das vortreffliche Kirschwasser dargestellt wird. In Böhmen und in Deutsch-Oesterreich bereitet man aus Zwetschen den Sliwowitz. Die Früchte werden nach Beseitigung der Stiele zwischen leichten Walzen oder durch Stampfen zerquetscht, die Kerne werden dabei nur in dem Maße mit zerschlagen, daß ungefähr $1/6$ der Gesammtmenge zerkleinert wird. In den Kernen ist eine geringe Menge von Amygdalin enthalten, welches bei der Gährung sich in Zucker, Bittermandelöl und Blausäure spaltet. Die höchst geringe Menge der beiden letzteren ertheilen dem Destillate seinen eigenthümlichen, angenehmen Geschmack. Ihre Quantität ist jedoch darin so gering, daß sie trotz ihrer höchst giftigen Eigenschaften keinen nachtheiligen Einfluß auf die Gesundheit ausüben. Die Gährung der Früchte tritt freiwillig ein, sie erfordert je nach der Temperatur des Locals kürzere oder längere Zeit, ist aber meistens zwischen 8 und 14 Tagen beendet. Durch Zusatz von Hefe kann die Gährung beschleunigt werden, was aber nicht erforderlich und wahrscheinlich auch für die Qualität des Products nicht zuträglich ist. Man kann die Ausbeute sehr erhöhen, wenn man, sobald die Gährung einmal kräftig eingetreten ist, dem Obste eine Lösung von Stärkezucker zusetzt. Die Concentration derselben kann 20° Saccharometer betragen. Das Aroma des Obstes vertheilt sich dann genügend auch auf die größere Menge des Destillats. Zur Destillation verwendet man zweckmäßig den kleinen von Siemens construirten Apparat (S. 291), der für die Destillation von größeren Früchten, Zwetschen u. dgl. noch zweckmäßig dahin abgeändert werden kann, daß man statt des Kegels, welcher in den Vorwärmer hineinreicht, eine Reihe von siebförmig durchlöcherten cylindrischen Gefäßen hineinhängt, welche das Obst aufnehmen und es so dem Dampfstrome aussetzen. Eine Zeichnung des so modificirten Apparats findet sich in Siemens, Beiträge zur Obstbenutzung S. 40. In Brennereien, wo man nicht mit Dampf abtreibt, muß die Blase mit einem Rührapparat versehen sein, der fleißig zu gebrauchen ist, um ein Anbrennen zu vermeiden.

Auf dieselbe Weise lassen sich Himbeeren, Preißelbeeren, Johannisbeeren, Stachelbeeren, Vogelbeeren, Aepfel, Birnen, Pflaumen und alle zuckerenthaltenden Obstsorten verarbeiten. In Italien und dem nördlichen Afrika gewinnt man aus der dort in großen Massen wachsenden Fackeldistel (Cactus Opuntia, Cactus ficus indica) viel Branntwein.

5) Spiritus aus Rübenzuckermelasse. Die Melasse der Rübenzuckerfabriken unterscheidet sich von der indischen Melasse dadurch, daß sie einen höchst unangenehmen Geschmack und Geruch hat und eine große Menge Salze — durchschnittlich wohl 10 Proc. Asche —

enthält. Sie ist daher als Nahrungsmittel für Menschen nicht geeignet, Thiere, Rindvieh, Schafe fressen sie dagegen gern. Sie ist, so lange ihr Marktpreis mit ihrem Werthe correspondirt, ein vortreffliches Material zur Gewinnung von Spiritus, insofern sie sich in verhältnißmäßig concentrirtem Zustande verarbeiten und somit eine genügende Ausbeute aus dem versteuerten Gährraum gewinnen läßt. Nur mit einer Schwierigkeit hatte man lange zu kämpfen, nämlich damit, daß sich der Geschmack und Geruch auf das Destillat übertrug. Dieses ist jedoch in neuerer Zeit überwunden und zwar — nach Otto — dadurch, daß man gleich von vorn herein einen sehr starken Spiritus von 94 Proc. zieht. Bei der Dephlegmation bleiben die riechenden und schmeckenden Stoffe zurück und gehen in die Schlempe.

Die Melasse reagirt stets stark alkalisch, wodurch die Gährung verhindert wird, man muß daher durch Zusatz einer geringen Menge von Schwefelsäure eine schwach saure Reaction herstellen. Die Quantität der Schwefelsäure ist nicht genau zu bestimmen, da sie von der wechselnden Beschaffenheit der Melasse abhängig ist. Ist die Schrothefe, welche zum Anstellen gebraucht wird, stark sauer, so ist unter Umständen gar keine oder nur höchst wenig Schwefelsäure erforderlich. Man kann jedoch durchschnittlich auf 100 Pfd. Melasse 1 Pfd. Schwefelsäure, die man vor dem Verbrauch mit ihrem vier- bis fünffachen Volum Wasser verdünnt, rechnen. Man sollte nicht mehr Schwefelsäure zusetzen, als daß ein blaues Lackmuspapier gerade schwach geröthet wird. Alsdann hat man keine freie Schwefelsäure, sondern die durch diese in Freiheit gesetzten organischen Säuren in Lösung, und man braucht keinen nachtheiligen Einfluß der Säure auf die Destillirapparate zu fürchten. Bei vorsichtig ausgeführter Neutralisation ist die bei manchem Brenner vorhandene Furcht für seinen Apparat durchaus unbegründet. Bei einem Zusatz von 2 Proc. Schwefelsäure zur Melasse findet — nach Versuchen von Grouven — schon keine Gährung mehr Statt. Man kann daher gut vergohrene Melassenmaischen unbedenklich destilliren.

Im concentrirten Zustande ist die Melasse selbstverständlich nicht zu verarbeiten, man vermischt sie daher mit so viel warmem Wasser, daß sie 18 bis 20° Saccharometer zeigt und dann die zum Anstellen erforderliche Temperatur hat. Es hat sich dabei vielfach als sehr zweckmäßig erwiesen, wenn man die Schlempe des vorigen Tages zur Verdünnung verwendet, da dadurch eine weit bessere Vergährung eintritt, als bei der wäßrigen Lösung.

Zum Anstellen verwendet man allgemein Schrothefe, und zwar rechnet man auf 100 Pfd. Melasse 4 bis 5 Pfd. Gährschrot. Beim Verdünnen mit Schlempe kann man bei sehr hoher Temperatur, bei 32 bis 34° C. (26 bis 27° R.) anstellen. Die Gährung tritt dann sehr rasch unter Bildung eines Schaumes ein, der so viel Consistenz hat, daß er hoch über dem Bottich stehen kann, ohne überzufließen. Schon nach 24 Stunden ist die Gährung dann beendigt. Stellt man bei niedrigerer Temperatur an, so erfordert die Gährung eine entsprechend längere Zeit. Die vergohrene Flüssigkeit hat immer eine höhere Saccharometeranzeige, wie Getreide- und Kartoffelwürzen. Dieses rührt aber nicht von einer unvollständigen Vergährung, sondern von dem hohen Salzgehalt der Melasse her. Hat man eine Vergährung bis auf 3° Saccharometer erreicht, so wird der Spiritusertrag durchaus befriedigend sein.

Die Ausbeute an Alkohol ist ebenfalls je nach der Qualität der Melasse verschieden. Doch kann man durchschnittlich auf 11 bis 12 Quartprocente vom Pfunde rechnen.

Die Schlempe hat höchst geringen Futterwerth und es ist sogar fraglich, ob ihr irgend welcher Futterwerth zukommt, wenn man nicht mit Schrothefe, sondern, wie es in Frankreich und Belgien geschieht, mit Preßhefe arbeitet. Jedenfalls darf man nur geringe Mengen von dieser Schlempe den Thieren geben. Bei Versuchen, die vom Verfasser zu Weende angestellt wurden, traten schon bei 9 bis 10 Pfd. Melasse bei 1000 Pfd. schweren Ochsen Krankheitserscheinungen ein, bei der Schlempe, wo der Einfluß der Salze nicht mehr durch die große Menge von Zucker &c. gemildert wird, wird man daher noch verhältnißmäßig weniger geben dürfen. Bei landwirthschaftlichen Brennereien ist es jedenfalls am zweckmäßigsten, die Melassenschlempe direct auf den Composthaufen oder auf den Acker zu fahren.

In größeren Brennereien verarbeitet man die Melassenschlempe auf Potasche, man benutzt sie zunächst zum Verdünnen der Melasse, wie angegeben ist, wodurch ihr Gehalt an Salzen entsprechend erhöht wird, verdampft sie dann, nachdem man ihre freie Säure durch Zusatz von etwas Kalkmilch neutralisirt hat, in eisernen Pfannen bis nahe zur Trockne und bringt den Rückstand in einen Calcinirofen, um die organischen Bestandtheile so weit als möglich zu verbrennen. Dabei erhält man von 100 Pfd. Melasse 10 bis 11 Pfd. eines kohligen Rückstandes, der 50 bis 53 Proc. kohlensaures Kali enthält. Zweckmäßig ist es dabei, den auf Zusatz von Kalk entstehenden Niederschlag, der eine große Menge schwefelsauren Kalk enthält, vor dem Verdampfen durch Absetzen und Klären der Flüssigkeit zu beseitigen, da dadurch der Werth der Salze bedeutend erhöhet wird. Hätte man zur Neutralisation der Melasse so viel Schwefelsäure angewandt, daß alle Salze, die in der Melasse mit organischen Säuren verbunden enthalten sind, in schwefelsaure Salze verwandelt würden, so würde man in dem Rückstande nur schwefelsaures Kali haben, welches einen weit geringeren Werth als das kohlensaure Kali hat.

Die Verarbeitung der Melassenschlempe auf Potasche oder sogenannte Schlempenkohle ist ohne Zweifel für den Fabrikanten höchst vortheilhaft, da die Abfälle dadurch hoch verwerthet werden; es ist aber zu berücksichtigen, daß in dieser Schlempenkohle alle anorganischen Bestandtheile der Rübenernte der Landwirthschaft völlig entzogen werden.

Die Annalen der Landwirthschaft bringen folgende Mittheilungen über die Resultate einer fabrikmäßigen Verarbeitung der Melassenschlempe:

Im Monat November (1862) ist die Schlempe verkohlt von 30 Bottichen à 7070 Quart = 212100 Quart Maischraum.

Diese 30 Bottiche waren jeder mit 44 Ctnr., im Ganzen mit 1320 Ctnr. Syrup bemaischt.

Es wurden gewonnen:

	Thlr.	Sgr.	Pf.
153 Ctnr. Schlempenkohle à 4 Thlr. = ...	612	—	—

Ab für Unkosten:

	Thlr.	Sgr.	Pf.	Thlr.	Sgr.	Pf.
457 Ctnr. Braunkohle à $5^3/_4$ Sgr. = ...	87	17	9			
$12^1/_2$ Ctnr. Kohks à 27 Sgr. =	11	7	6			
Arbeitslöhne	44	10	6			
Amortisation des Anlage-Capitals von 1500 Thlr. à 10 Proc. monatlich	12	15	—			
Zinsen davon 5 Proc. monatlich	6	7	6			
Fastage 153 Ctnr. à 5 Sgr. ...	15	15	—			
				187	13	3
Ertrag ...				424	16	9

Mithin ergeben:

	Thlr.	Sgr.	Pf.	
1000 Quart Maischraum 72 Pfd. Kohle =	2	—	6	Ertrag.
1 Ctnr. Syrup $11^{18}/_{32}$ Pfd. Kohle = ..	—	9	8	„
1 Maischbottich	11	4	—	„

(Preuß. Annalen d. Landwirthsch., Wochenblatt 1863, 131.)

Weit zweckmäßiger, wie die Verarbeitung der Melasse für sich, scheint ein gemischter Betrieb von Kartoffelmaische und Syrup zu sein. Man erreicht dadurch den Vortheil, daß man durch Zusatz von Melasse die Kartoffelmaische bis zu einer beliebigen Concentration, etwa auf 20 bis 22° Saccharometer bringen kann und so aus demselben Gährraum ein weit höheres Ausbringen an Alkoholprocenten erzielt als bei Kartoffelmaische ohne Zusatz. Man wird alsdann auch selten genöthigt sein, die alkalische Reaction des Syrups durch Schwefelsäure zu neutralisiren, da die leicht säuernde Kartoffelmaische schon für sich im Stande ist die geringe Menge des Alkalis zu binden; nach dem Zugeben der Schrothefe muß man dann mit Lackmuspapier prüfen und nur in dem Falle, daß noch eine schwach alkalische Reaction eintreten sollte, eine geringe Menge Schwefelsäure zusetzen. Da die Menge der Melasse bei solchem Betriebe immer gegen die Menge der Kartoffeln sehr zurücksteht, so ist kein nachtheiliger Einfluß durch den Gehalt der Schlempe an Salzen zu fürchten, es kann diese unbedenklich verfüttert werden.

Indische Melasse und Rohrzucker lassen sich auf dieselbe Weise wie Rübenmelasse verarbeiten, es braucht dabei jedoch der Zusatz von Schwefelsäure nicht so hoch zu sein. Es sind aber wohl zu theure Rohstoffe, als daß sie bei uns zur Verwendung kommen sollten.

6) Krappspiritus. Die Krappwurzel, welche zum Rothfärben gebraucht wird, enthält eine nicht unbeträchtliche Menge Zucker, der ihrer Anwendung eher schädlich als nützlich ist. Aus diesem läßt sich Alkohol gewinnen. Es geschieht vielfach in Fabriken im südlichen Frankreich, in Glasgow und in Speyer. Die Wurzeln werden auf Darren getrocknet, zwischen vertical gehenden Mühlsteinen gemahlen und dann in Bottichen mit Wasser angerührt. Die Bottiche haben einen mit Leinwand überspannten falschen Boden, unter dem ein Zapfloch befindlich ist, um die zuckerhaltige Flüssigkeit abziehen zu können. Der Rückstand wird in hydraulischen Pressen vom Zuckersaft befreit und letzterer in die Gährbottiche geleitet. Die Gährung tritt freiwillig ohne Zusatz von Hefe ein, sie erfordert jedoch — nach Muspratt — längere Zeit wie bei Getreidewürzen, die höchste Attenuation wird erst nach 6 bis 8 Tagen erreicht. Nach Wilhelm, der die Fabrik von Lichtenberger in Speyer beschreibt, ist sie schon in 18 bis 22 Stunden beendet. Nach demselben beträgt die Ausbeute aus den trocknen Wurzeln 6,4 Proc. Alkohol. Nach Muspratt erhält man in einer Fabrik in Glasgow von 2 Tons (4480 Pfd.) 60 Gallonen (238 preuß. Quart) starken Spiritus.

Die Fabrikation soll nach Angaben des Fabrikanten in Speyer nur bei sehr hohen Spirituspreisen rentiren, und zwar namentlich aus dem Grunde, weil das Waschwasser des Krapps zu verdünnt ist, es zeigt dort nur 3° Saccharometer. Durch ein systematisches Auswaschen, unter Benutzung des Waschwassers zum Extrahiren frischer Mengen der gemahlenen Wurzeln, muß jedoch leicht eine größere Concentration desselben zu erlangen sein.

III. Spiritusfabrikation aus alkoholhaltigem Rohstoff. Dieser Zweig der Spiritusindustrie ist nur da zu Hause, wo man Wein und zwar sehr alkoholhaltigen Wein verarbeiten kann. Im südlichen Frankreich, der Heimath der hitzigen Weine, wird eine große Masse davon auf Spiritus, oder meistens auf Trinkbranntwein verarbeitet. Die besseren Sorten sind unter dem Namen Franzbranntwein, die feinsten als Cognac bekannt. Die Fabrikation ist möglichst einfach, es ist nur eine einfache Destillation, die gewöhnlich mit dem Blumenthal'schen Apparat (S. 264) ausgeführt wird, erforderlich. Das Product hat das Aroma des Weins, seine Qualität steht daher im engsten Zusammenhange mit der Qualität des Rohstoffs. Feine Weine liefern feinen Cognac, schlechte Weine ordinären Branntwein.

Die aus Wein dargestellten Spirituosen zeichnen sich dadurch aus, daß sie kein Fuselöl enthalten, ihr Aroma verdanken sie einem Gehalt von Oenanthäther, einer Aetherart, die sich künstlich darstellen läßt. Sie hat im concentrirten Zustande einen höchst widerwärtigen Geruch, erst bei großer Verdünnung tritt das liebliche Aroma des Weins hervor. Dieselbe Aetherart kommt, nach Wöhler, in den Quitten vor.

Die gelbe oder bräunliche Farbe des Cognacs wird ihm durch Lagern auf den Fässern ertheilt, denen er färbende Stoffe entzieht. Die feinsten Sorten, welche frisch auf Flaschen gezogen werden, sind wasserhell.

Neben dem Wein werden zugleich auch die Nebenproducte der Weinbereitung auf Branntwein verarbeitet, die sich während der Gährung und beim Lagern abscheidende Hefe, die beim Auspressen des Mostes zurückbleibenden Treber. Die letzteren werden mit Wasser angerührt und gerathen dann bald in Gährung, die nach 6 bis 8 Tagen beendet ist. Die Treber liefern eine geringe Sorte Branntwein. Sie werden entweder in Blasen mit Rührapparaten oder durch Dampf destillirt. Letzteres ist jedenfalls am zweckmäßigsten, da sich sonst leicht durch Anbrennen empyreumatische, brenzliche Producte bilden, die dem Branntwein einen unangenehmen Geschmack ertheilen.

Zur Destillation der Treber benutzt man häufig einen

Apparat von Curandeau, der bei directer Feuerung doch kein Anbrennen der Treber gestattet. Er besteht in einer Blase, deren Helm so weit wie der übrige Theil ist und eine Höhe von drei Fuß hat. Der Helm ist aus mehreren cylindrischen Stücken zusammengesetzt, die genau auf einander passen und von denen jedes einen siebartig durchlöcherten Boden hat. Will man den Apparat füllen, so setzt man das erste Stück des Helms auf die Blase, füllt dieses mit einer ungefähr 6 Zoll hohen Schicht von Trebern, deren anhängende Flüssigkeit in die Blase fließt. Ebenso füllt man das zweite und die folgenden Stücke, dann gießt man die übrige Flüssigkeit ein, die durch die Treber in die Blase fließt, und verbindet den Helm mit dem Kühlrohr. Die aus der Flüssigkeit in der Blase entwickelten Dämpfe durchstreichen die auf den Siebböden vertheilten Treber und verflüchtigen den darin enthaltenen Alkohol.

Bei der Destillation der Weinhefe geht ein sehr aromatischer Branntwein über und mit den letzten Antheilen des Destillats kommt eine ölige, schwarze Flüssigkeit, das Drusenöl oder Weinöl. Dieses Oel wird in neuerer Zeit in großen Mengen gewonnen, um durch sein Aroma gewöhnlichen Weingeist in Cognac zu verwandeln. Nach Rautert verfährt man zu seiner Darstellung folgendermaßen:

Die Drusenmasse wird in ein innen mit Blei ausgelegtes hölzernes Faß gefüllt, welches so groß ist, daß man mindestens 3 bis 6 Ctnr. auf einmal destilliren kann und dabei nur zu zwei Drittheilen voll wird. Man leitet dann durch dasselbe vermittelst eines am Boden des Fasses mündenden Rohres einen lebhaften Dampfstrom und läßt durch ein zweites Rohr die mit Oel und Alkohol beladenen Dämpfe in ein Kühlfaß treten, woselbst ersteres sich zu schwarzen Tropfen condensirt und auf dem wäßrigen Alkohol sich auflagert. Die Destillation dauert fünf Stunden, man kann also im Tage deren zwei mit Bequemlichkeit ausführen. Wenn die schwarzen Oeltropfen anfangen seltener zu werden und endlich auch der Geruch des übergehenden Wassers verschwindet, unterbricht man die Arbeit und läßt die Drusenmasse in große hölzerne Bottiche ablaufen, um sie noch auf Weinstein zu verarbeiten. Das rohe Oel wird durch nochmalige Destillation wasserklar, und aus dem wäßrigen Theile gewinnt man durch Rectification nebst Alkohol noch eine kleine Menge desselben. Der wichtigste Theil der ganzen Weinölbereitung beruht auf der richtigen Zusammensetzung der Drusenmasse. Durch Anmachen der Drusen mit Wasser allein erhält man nur wenig Oel und die Destillation dauert sehr lange, weil der Wasserdampf die dickbreiige Masse nur langsam zu durchdringen vermag. Diese Schwierigkeiten umgeht man durch Zusatz von etwas englischer Schwefelsäure. Die besten Erfolge erhielt ich, wenn auf jeden Ctnr. Drusen 1 bis $1\frac{1}{2}$ Ctnr. Wasser und $\frac{1}{2}$ Pfd. Schwefelsäure genommen wurde. Ist die Destillation beendet, so giebt man zur Drusenmasse auf jedes Pfd. angewandter Schwefelsäure 3 Pfd. krystallisirtes kohlensaures Natron (gewöhnliche Soda), um die freie Säure zum Theil wieder zu neutralisiren. Der nach acht Tagen abgeschiedene Weinstein wird durch Haarsiebe von der anhängenden schmierigen Masse leicht getrennt; aus letzterer gewinnt man noch durch Glühen in verschlossenen Gefäßen eine vorzügliche schwarze Farbe. Man erhält so neben veränderlichen Mengen von Alkohol und Schwärze aus 25 Ctnr. Drusen 1 Pfd. Weinöl und 150 bis 200 Pfd. rohen Weinstein.

Da das reine Oel sehr hoch im Preise steht (das Pfd. 250 fl.), so ist dasselbe häufigen Verfälschungen unterworfen. Eine der gewöhnlichsten ist die mit absolutem Alkohol. Man entdeckt ihn leicht durch Zusatz von Olivenöl zum Weinöle; ist Alkohol zugegen, so scheidet sich derselbe aus der Auflösung des Weinöls in Olivenöl aus, und es gelingt so leicht, schon einige Procente desselben nachzuweisen.

Anhang. **Außereuropäische Fabrikation von Spirituosen.** Von den Spirituosen, die in größerer Menge für den europäischen Markt fabricirt werden, sind namentlich der Rum und der Arrac zu erwähnen. Die zu ihrer Darstellung angewandten Methoden sind meistens noch sehr primitiver Art, die Beschreibung derselben hat daher mehr ein historisches, als ein praktisches Interesse, da sie zeigt, ein wie großer Unterschied zwischen unserem vervollkommneten Verfahren und dem in den Colonien noch üblichen herrscht.

Rum. Das Material zur Darstellung dieses Getränkes ist die Flüssigkeit, welche nach der Krystallisation des Zuckers zurückbleibt, die Melasse des Zuckerrohrsafts. Sie geht, nachdem sie mit Wasser verdünnt ist, in die weinige Gährung über und liefert bei der Destillation den allgemein beliebten Branntwein, den man in den englischen Colonien Rum oder Taffia und auf Isle de France und Madagascar Guildive nennt. Dieser Branntwein hat, wenn er mit der gehörigen Sorgfalt dargestellt ist, einen außerordentlich angenehmen Geschmack, der durch Lagern noch erhöht wird. Der beste Rum wird nur aus Melasse dargestellt; dieses scheint mit den Erfahrungen der europäischen Zuckerfabrikanten im Widerspruch zu stehen, denn diese erhalten bei der Gährung ihrer Melasse keinen Rum, sondern nur einen gewöhnlichen Branntwein; der Grund hiervon mag aber einestheils vielleicht darin zu suchen sein, daß in der ursprünglichen Melasse Körper enthalten sind, welche dem daraus bereiteten Rum sein angenehmes Aroma ertheilen, die der Melasse, welche in Europa aus schon fertigem Zucker dargestellt ist, entgehen; ein anderer Grund mag aber auch vielleicht in der abweichenden Gährungsmethode, die in den Colonien befolgt wird, liegen.

Ein anderes Material zur Gewinnung des Rums besteht in den Abfällen des Zuckerrohrs und in dem bei den verschiedenen Operationen der Zuckerfabrikation abfallenden Schaume. Diese liefern aber nie ein so gutes Product, sondern einen Branntwein, der einen empyreumatischen und manchmal scharf sauren Geschmack hat; er wird gewöhnlich den Negern gegeben und Negerrum genannt. Gewöhnlich mischt man aber die Melasse mit diesen Abfällen und stellt damit einen guten Rum dar.

In der gegohrenen Flüssigkeit ist oft neben dem Alkohol eine verhältnißmäßig große Menge Essigsäure vorhanden, deren Bildung man bei der in den Colonien herrschenden Hitze nicht vermeiden kann. Die Essigsäure

hat in der Kälte keinen Einfluß auf den Alkohol, aber in der Wärme und in Dampfform verwandelt sie einen Theil desselben in Essigäther, der in kleinen Mengen dem Rum ein gewisses Aroma ertheilt; sobald er aber in größerer Quantität vorhanden ist, ist sein Geruch und Geschmack keineswegs angenehm. Da der Essigäther weit flüchtiger als der Alkohol ist, so sammelt er sich in den ersten Theilen des Destillats an, die nach dem Ausdruck der Colonisten zu heiß ausfallen, sie werden deshalb besonders aufgefangen und verwerthet. Ein aufmerksamer Fabrikant spart keine Mühe, die Essigbildung so viel wie irgend möglich zu verhindern, und erreicht dieses dadurch, daß er alle seine Gefäße so reinlich, als es die Umstände gestatten, erhält, und namentlich alle Rückstände von früheren Operationen bei einer neuen Füllung daraus entfernt, um die gährende Flüssigkeit nicht mit einem in Zersetzung begriffenen Körper, der als Essigferment wirken könnte, in Contact zu bringen.

Um dem Rum ein angenehmes Aroma zu geben, fügt man bei der Destillation verschiedene Substanzen hinzu. Auf Madagascar bringt man Kleeblätter in die Blase; in manchen Gegenden Asiens mischt man die Würze mit der Rinde einer dornigen Acacie, welche Pattay genannt wird; Einige wenden die Blätter des Baumes an, welcher in Ostindien Attier, auf St. Domingo Pommier Canelle — Aeona squammosa — genannt wird, Andere Pfirsichblätter. Alle diese Substanzen ertheilen dem Rum ein angenehmes Bouquet und verdecken den unangenehmen Geruch fremder Oele.

Die Hauptplätze für die Gewinnung des Rums sind Ost- und West-Indien und Amerika; in Deutschland und Frankreich stellt man aus Melasse von indischem Zucker ein Getränk dar, welches aber dem Rum bei Weitem nachsteht. Folgende Beschreibung der Darstellung des Rums in Westindien ist Morewood's Werke entnommen:

Während des Einkochens des Zuckersafts entfernt man den Schaum von der Oberfläche der Flüssigkeit, bringt diesen mit einem Theile des Safts in einen Bottich von 300 bis 800 Gallonen (1200 bis 3200 Quart) Inhalt und vermischt ihn darin mit Melasse und Wasser im Verhältniß von 25 Gallonen zu 100. Diese Mischung läßt man, nachdem sie gehörig durcheinander gearbeitet ist, 3 bis 4 Tage oder länger stehen, wenn man kein Ferment zur Disposition hat, was namentlich im Anfange der Destillationsperiode häufig eintritt. Die Gährung tritt von selbst ein und hält so lange an, bis der Zucker in Alkohol verwandelt ist, dann bringt man die Flüssigkeit in eine Blase, deren Größe dem Gährungsbottich entspricht, und zieht zuerst einen Lutter ab; der Lutter wird in eine andere Blase gebracht und von Neuem destillirt. Von 300 Gallonen (circa 1200 Quart) Lutter zieht man 25 Gallonen (circa 100 Quart) starken Rum — high wines — ab, der am Aräometer 18 bis 22° zeigt. Das zweite Destillat hat eine Stärke von 23 bis 26° und steht dem ersteren an Güte nach; man verbessert dieses dadurch, daß man einen Theil des ersten Destillats, welches für den Gebrauch zu stark ist, mit diesem mischt.

Auf den Inseln unter dem Winde mischt man 1 Theil Schaum mit 1 Theil Wasser und 1 Theil der bei der vorigen Destillation zurückgebliebenen Flüssigkeit, die als Ferment wirkt. Nach 24 Stunden fängt diese Mischung an zu gähren, dann fügt man auf jede 100 Gallonen (circa 400 Quart) Flüssigkeit 6 Gallonen (circa 24 Quart) Melasse hinzu und wiederholt diesen Zusatz nach einem oder zwei Tagen. Die Gährung wird durch Vermischen mit warmem oder kaltem Wasser regulirt. Die bei der Destillation in der Blase zurückbleibende Flüssigkeit wird Dunder genannt, sie ist das Gährungsmittel, welches in den heißen Gegenden die Hefe vertritt. Der Zusatz dieser Schlempe befördert die Attenuation sehr; obgleich die Gährung in den Zuckersäften auch freiwillig eintritt, so soll die Ausbeute durch die Anwendung des Dunders doch bedeutend vermehrt werden. Er wird daher sorgfältig gesammelt und am Ende der Destillationsperiode für die folgende verwahrt, in solchen Quantitäten, daß fast sämmtliche Gährungsbottiche, welche als Behälter für das Ferment dienen, damit angefüllt sind. Er bedeckt sich nach kurzer Zeit mit einer dicken Haut, welche den Zutritt der Luft verhindert, und bildet, nachdem die Unreinigkeiten sich abgesetzt haben, eine gelbliche Flüssigkeit von etwas bitterem Geschmack; der Dunder soll das Aroma des Rums bedeutend vermehren. Außer dieser Substanz setzt man häufig während der Gährung verschiedene andere Körper zu, z. B. Weinstein, Salpeter, Seewasser und Kochsalz.

Im Anfange der Destillationsperiode verwendet man eine große Menge Zuckersaft zur Darstellung des Rums; dieses hat darin seinen Grund, daß der Dunder nach langer Aufbewahrung einen Theil seiner Wirksamkeit verloren hat, und daß der Schaum im Anfange nicht so viel Zucker enthält, wie in den Monaten März, April und Mai. Im Anfange wendet man gewöhnlich folgende Verhältnisse an: Auf jede 136 Gallonen (544 Quart) Inhalt des Fasses bringt man 61 Gallonen (244 Quart) Schaum, 7 Gallonen (28 Quart) Melasse und 68 Gallonen (272 Quart) Wasser. Wenn man guten Dunder hat, so wendet man gleiche Theile Schaum, Wasser und Dunder an und fügt auf je 100 Gallonen (400 Quart) Mischung 10 Gallonen (40 Quart) Melasse hinzu. Zu solchen Zeiten, wo die Zuckermühlen nicht im Gange sind, und wo man also keinen Schaum erhalten kann, nimmt man gleiche Theile Dunder und Wasser und auf je 136 Gallonen (544 Quart) Mischung 27 Gallonen (108 Quart) Melasse. Die Ausbeute an Rum variirt zwischen 10 und 15 Proc. der Mischung, sie hängt aber sehr von der Qualität der Substanzen, dem Wetter und der Jahreszeit ab; daher regulirt der Fabrikant gewöhnlich die Zusammensetzung seiner Flüssigkeit je nach der Güte seiner Ingredienzien und äußeren Umständen.

Zur Destillation werden meistens die Apparate mit einfachem Vorwärmer oder mit rectificirendem Vorwärmer angewandt (s. S. 244 Fig. 45 bis 49). Mit einem Apparate der letzteren Art stellt man täglich ungefähr 120 Gallonen (480 Quart) Rum aus 530 Gallonen (2120 Quart) Lutter dar, oder 113 Gallonen (452 Quart) Rum aus 1200 Gallonen (4800 Quart) gegohrener Flüssigkeit. Als ein Kennzeichen der Stärke eines sol-

chen Rums führt man an, er sei so leicht, daß Olivenöl darin untersinke. Der Rum enthält nach Bence Jones durchschnittlich 72 bis 77 Gew.-Proc. Alkohol.

In den heißen Gegenden ist es oft schwierig, die nöthige Menge Wasser anzuschaffen, man sammelt es daher während der Regenzeit in großen Cisternen und geht äußerst sparsam damit um; so wird z. B. das Wasser, welches im Kühlfasse gebraucht ist, nicht als werthlos beseitigt, sondern in großen Cisternen wieder gesammelt, um abgekühlt und dann zum zweiten Male gebraucht zu werden. Auf den Inseln, welche Flüsse haben, legt man die Rumbrennereien entweder an den Ufern der Flüsse oder an Canälen an, und läßt die Melasse, den Schaum und die übrigen Abfälle der Zuckersiederei in Kähnen oder durch Neger dorthin bringen. In jeder Brennerei hat man 5 bis 6 Blasen und beobachtet die größte Reinlichkeit, welche wohl in keinem Industriezweige so erforderlich ist wie hier, da jedes Partikelchen fremder Körper, welche in den Apparaten zurückbleiben, die Essigbildung veranlaßt, und daher sowohl der Ausbeute, als auch der Güte des Rums nachtheilig ist.

Das eigenthümliche Aroma des Jamaica-Rums, welches ihm den Vorzug vor jeder anderen Sorte verschafft, rührt höchst wahrscheinlich daher, daß man zu der gährenden Flüssigkeit eine gewisse Menge frischen Zuckersaft und selbst Theile des Rohres fügt. Die in dem Rohre enthaltenen flüchtigen Oele gelangen auf diese Weise in die Flüssigkeit und aus dieser in das Destillat. Der Rum nimmt durch längeres Lagern sehr an Güte zu, manche Pflanzer umgehen die Wirkung der Zeit, indem sie den Rum mit dem Safte der Ananas vermischen und ihm so ein äußerst liebliches Aroma geben.

In Demerara wird ein ausgezeichnet guter Rum angefertigt; Bolingbroke führt an, die Destillation habe dort ein hohen Grad der Vervollkommnung erreicht, so daß der dort fabricirte Rum in Nordamerika denselben hohen Ruf genießt, wie der von Jamaica in Europa. In Brasilien wird eine große Quantität Rum angefertigt, der von dort nach Nordamerika und fast allen europäischen Ländern ausgeführt wird. Der dort befolgte Proceß ist höchst einfach, man macht eine Mischung von Melasse und Wasser und läßt sie in großen irdenen Gefäßen gähren. Der Syrup wird vorher mit einer starken alkalischen Lauge vermischt, die ihn nach der dortigen Annahme verdicken und reinigen soll. Die Lauge erhält man durch Verbrennen einer Pflanze der Species Polygonum, welche die Indianer Cataya nennen, und durch Ausziehen der Asche mit Wasser. Die Blasen bestehen aus einfachen irdenen Töpfen mit langem Halse, an dessen Ende eine 4 Fuß lange kupferne Röhre angefügt ist, die durch ein Gefäß geht, welches groß genug ist, eine zur Condensation der durch diese kurze Röhre gehenden Dämpfe hinreichende Menge Wasser zu enthalten. Dieser unvollkommene Apparat vertritt die Stelle des Schlangenrohrs. Bis vor kurzer Zeit verkauften die Pflanzer ihre Melasse an Rumbrenner, welche gewöhnlich nur einen oder höchstens zwei dieser Apparate besaßen und von der Fabrikation des Rums lebten; die Einführung der kupfernen Blasen von Europa hat eine gänzliche Revolution in diesem Fabrikzweig hervorgerufen, die Pflanzer verarbeiten jetzt ihre Melassen selbst und bringen dann den Rum an den Markt.

Arrac. Dieses Getränk wird theils aus Reis, theils aus dem gegohrenen Safte des Cocosnußbaumes, — Cocos nucifera — dargestellt. Der Arrac von Goa und Columbo wird aus diesem Safte — Toddy genannt — abdestillirt, der von Batavia und Jamaica wird aus Reis und Melasse mit etwas Toddy fabricirt. Der Pariah-Arrac enthält den Saft der Cannabis sativa und einer Species Datura, wodurch seine betäubende Kraft bedeutend vermehrt werden soll.

Zur Darstellung des Arracs bringt man den Reis in ein Faß, übergießt ihn darin mit Wasser und läßt ihn keimen. Von Zeit zu Zeit nimmt man eine Handvoll der Körner von verschiedenen Theilen des Fasses heraus, um sich zu überzeugen, wie weit der Keimungsproceß vorgeschritten ist. So lange die Hälfte der Körner ihren Keim noch nicht entwickelt haben, läßt man das Wachsthum fortfahren, man kann es beschleunigen, indem man etwas warmes Wasser hinzufügt oder indem man aus dem oberen Theile des Fasses etwas Wasser entfernt, dieses erhitzt und dann wieder zurückbringt und die ganze Masse von Zeit zu Zeit vorsichtig umrührt. Bei letzterer Operation ist viel Vorsicht nothwendig, denn wenn die Körner zu heftig bewegt werden, so zerbrechen sie leicht, und würden dann, statt zu keimen, in Fäulniß übergehen und den Rest der Körner ebenfalls verderben. In einem solchen Falle verwendet man den ganzen Reis zum Viehfutter, obgleich man die beschädigten Körner auslesen könnte; dieses macht aber mehr Arbeit und verursacht mehr Kosten, als der Werth des Reises beträgt. Um dieses zu vermeiden, verwendet man einen sehr geschickten Arbeiter zu dieser Operation; er hat einen Spatel, welchen er vorsichtig unter die obere Schicht des Reises bringt, er bewegt das Wasser durch langsames Umdrehen des Spatels, schiebt ihn dabei immer etwas weiter vorwärts, bis er auf dem Boden des Fasses ankommt, und zieht ihn dann auf dieselbe Weise wieder an die Oberfläche. Sobald etwa die Hälfte des Samens oder mehr gekeimt hat, läßt man das Wasser ab, indem man einen Pflock am Boden des Bottichs entfernt, und bringt den Reis in einen Raum, wo er auf dieselbe Weise wie das Gerstenmalz getrocknet wird. Alle übrigen Operationen sind dieselben, wie die des Kornbranntweinbrenners.

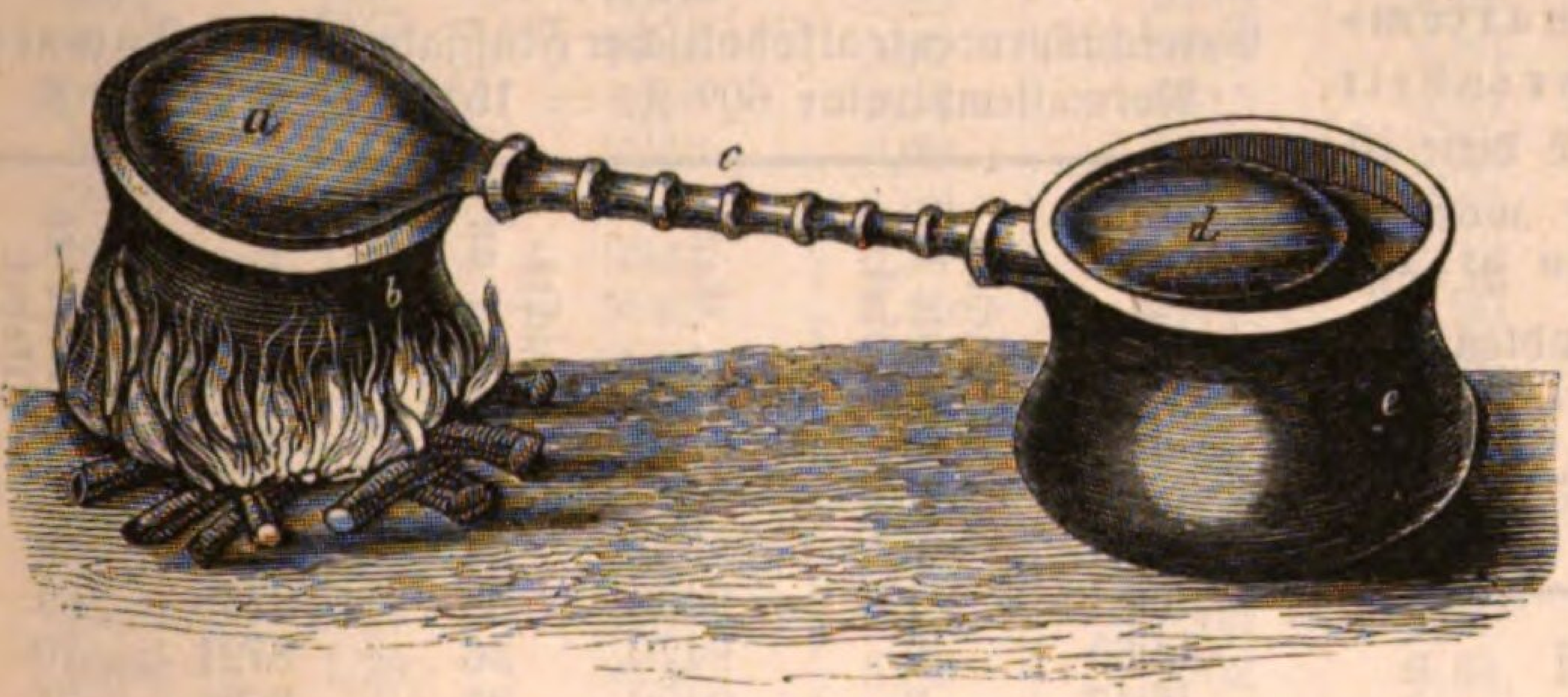
Die Destillation wird meistentheils auf eine höchst rohe, unvollkommene Weise ausgeführt. Morewood erhielt von einem Reisenden, welcher sich mehrere Jahre lang in Ostindien aufhielt, folgende Beschreibung dieser Operation.

Wenn das Material, sei es Reis oder der gegohrene Saft des Cocosnußbaumes, für die Destillation fertig ist, so gräbt man ein Loch in die Erde, welches groß genug ist, die Blase aufzunehmen, und macht noch eine Aushöhlung etwas tiefer, die an der einen Seite dazu dient, der Luft Zutritt zu geben, an der anderen Seite aber die Stelle des Schornsteins und zugleich der Feuerthür vertritt. Zuerst macht man in dieser Höhle ein großes Feuer von trocknem Holze an, sobald der Grund einen ziemlich hohen Hitzegrad erhalten hat, bringt man

die Blase in den heißen Raum und umgiebt sie ganz mit Erde, um die Wärme so viel wie möglich zu benutzen. Die Flüssigkeit fängt bald an zu kochen, dann läßt ein Arbeiter fortwährend Wasser über den Schnabel der Blase fließen, um die Dämpfe zu condensiren. An manchen Orten hat man eine etwas vollkommnere Kühlvorrichtung, dort ist am Schnabel des Helmes eine flache Schale angebracht, die mit Wasser gefüllt wird, durch die rasche Verdampfung des Wassers, welches, sobald es warm wird, durch frisches ersetzt wird, werden die Dämpfe hinlänglich abgekühlt und fließen in einem ununterbrochenen Strome in die Vorlage.

Ein anderer Beobachter beschreibt die Destillation des Arracs, die größtentheils von Eingeborenen ausgeführt wird, folgendermaßen: Um ein Loch in der Erde hatte man einen Rand von Thon ungefähr 4 Zoll hoch aufgeführt, und darin eine Oeffnung von 6 Zoll Weite gelassen, um Feuermaterial nachlegen zu können. Auf den Rand hatte man einen großen irdenen Topf befestigt, an dessen oberer Oeffnung ein zweiter Topf lutirt war, aber in umgekehrter Stellung, mit seinem Halse auf der Oeffnung des unteren. Unmittelbar an der Berührungsfläche der beiden Töpfe

Fig. 90.



war eine irdene Röhre angebracht, durch welche der im oberen Gefäß verdichtete Branntwein abfloß. Die Condensation wurde dadurch bewirkt, daß eine Frau fortwährend mit einem Löffel, der aus der Schale der Cocosnuß angefertigt war, kaltes Wasser über den oberen Theil des Apparats goß.

In Siam wird viel Arrac producirt; seine Fabrikation wird aber nur von den dort lebenden Chinesen ausgeführt, die für das Privilegium der Arracbrennerei jährlich eine Abgabe von 58,000 Pfd. St. an die Regierung entrichten.

In manchen Gegenden wendet man den in Fig. 90 dargestellten Apparat an, *a* und *b* ist die Blase mit dem Helme, die durch die Bambusröhre *c* mit dem Kühlapparat und Vorlage *de* verbunden ist.

Der größte Theil des Arracs wird auf Java dargestellt. Sir Thomas Raffles beschreibt das dabei befolgte Verfahren auf folgende Weise: Man bringt ungefähr 70 Pfd. Keton, ein sehr kleberreicher Reis, in einen kleinen Bottich, fügt 100 Kannen Wasser und 20 Kannen Melasse hinzu und läßt diese Mischung dann zwei Tage lang stehen, darauf bringt man sie in ein größeres Gefäß und fügt noch 400 Kannen Wasser und 100 Kannen Melasse hinzu. Zu gleicher Zeit mischt man 40 Th. Palmwein oder Toddy mit 900 Th. Wasser und 150 Th. Melasse und überläßt beides zwei Tage lang der Ruhe. Dann bringt man die erste Mischung in einen noch größeren Bottich und läßt die zweite allmälig hinzufließen. Darauf läßt man die gährende Flüssigkeit abermals zwei Tage lang stehen und füllt sie endlich in irdene Töpfe, die jeder circa 20 Kannen enthalten, über, worin die Gährung nach ungefähr zwei Tagen vollendet ist, worauf zur Destillation geschritten wird. Nach einer anderen Vorschrift zur Darstellung des Arracs nimmt man

62 Theile Melasse,
3 „ Toddy,
35 „ Reis,

welche bei der Destillation $23\frac{1}{2}$ Th. Arrac liefern.

Die Destillationsapparate sind von Kupfer und sind denen, welche man in Westindien anwendet, ähnlich; ihre Schlangenröhre ist gewöhnlich aus Banca-Zinn angefertigt. Das erste Destillat wird als dritte Sorte oder gewöhnlicher Arrac bezeichnet, er liefert bei einer Rectification aus einer kleineren Blase mit etwas Wasser versetzt die zweite Sorte, und diese nach einer nochmaligen Destillation die erste Sorte. Um sich von der Stärke des Arracs zu überzeugen, gießt man eine kleine Menge desselben in eine Tasse, entzündet ihn und mißt dann das zurückbleibende Wasser; der Unterschied zwischen der ursprünglichen Quantität, und der nach der Verbrennung gefundenen Menge giebt den Gehalt von Alkohol an. Die auf Java lebenden Chinesen, welche die Arracfabrikation betreiben, nennen die dritte Sorte Sichew, die zweite Taupo und die erste Kiji. Die Darstellung des Arracs ist nie mit der Zuckerfabrikation verbunden, die Arracbrenner kaufen ihre Melasse von den Zuckersiedern und verarbeiten sie selbstständig.

Alkoholometrie. Die Bestimmung des Alkohols in Flüssigkeiten von unbekanntem Gehalt nennt man Alkoholometrie. Es lassen sich dazu verschiedene Methoden anwenden, von denen die einfachste sich auf die Differenz des specifischen Gewichts von Alkohol und Wasser unter Berücksichtigung der beim Vermischen beider Flüssigkeiten eintretenden Contraction gründet. Dabei ist es aber erforderlich, daß die zu untersuchende Flüssigkeit ein Gemisch nur von Alkohol und Wasser sei, weil alle übrigen Stoffe ebenfalls auf das specifische Gewicht der Flüssigkeit einwirken und daher falsche Resultate erlangen lassen. Weiter unten wird gezeigt werden, wie solche Flüssigkeiten zu untersuchen sind. Vorläufig beschränken wir uns auf Gemische von Alkohol und Wasser, wie solche als Sprit, Spiritus, Branntwein &c. in den Handel kommen. Die geringe Menge von Farbstoffen, die im echten Rum, Cognac, Arrac &c. vorkommen, hat so wenig Einfluß auf das specifische Gewicht, daß man sie, ohne irgend einen Fehler zu begehen, unberücksichtigt lassen kann.

Die Alkoholometrie als Werthbestimmungsmethode weingeistiger Flüssigkeiten wurde von Gilpin begrün-

det, dessen erste Mittheilungen im Jahre 1790 publicirt wurden. Es stellte sich aber heraus, daß eine Revision der Arbeit erforderlich sei, Tausende von Wägungen und Berechnungen ließen sie im Jahre 1794 in brauchbarer Form erscheinen. Gilpin's Beobachtungen wurden von Tralles benutzt, um seine Tabellen im Jahre 1811 zu berechnen. Diese letzteren bilden die Grundlage für alle alkoholometrischen Bestimmungen, deren man sich in Deutschland bedient. Sie erhielten aber noch eine wesentliche Verbesserung dadurch, daß Schubarth die Beobachtungen von Gilpin und Tralles weiter ausführte, und namentlich dadurch, daß Brix das gesammte Material in einfache und leicht zu benutzende Tabellen brachte und noch manche Mängel der früheren Beobachtungen beseitigte. Außer den Genannten wurden von Löwitz (1786), Gay-Lussac (1824), Drinkwater, Fownes (1847), Pouillet (1859), Baumhauer (1860) und Anderen hierauf bezügliche Beobachtungen angestellt. Für den praktischen Gebrauch bestimmte Tabellen wurden außerdem von Ure, Hirzel, Franke, Sykes berechnet.

Da das specifische Gewicht einer jeden Flüssigkeit sich beim Erwärmen durch die Ausdehnung verändert, so muß für jede Messung eine bestimmte Temperatur festgestellt oder die Beobachtung auf diese Temperatur zurückgeführt werden. Diese Temperatur — Normaltemperatur — wurde von Gilpin zu 60° Fahrenheit = $12^4/_9$° R. = $15^5/_9$° C. angenommen und diese ist auch von Tralles und Brix beibehalten worden, während Gay-Lussac dafür 15° C. = 12° R. annahm; die in manchen Gegenden noch angewandten Bestimmungen von Meißner beziehen sich auf eine Temperatur von 14° R. = 17,5° C. Bei der Benutzung alkoholometrischer Tabellen müssen alle Beobachtungen bei der Temperatur, auf welche sich die Tabellen beziehen, ausgeführt werden; es ist dieses eine große Unbequemlichkeit, welche die Anwendung der Tabellen im praktischen Verkehr sehr hindert. Die von Tralles-Brix und von Gay-Lussac berechneten Tabellen machen dieses jedoch unnöthig, da sie in ihren Spalten direct die verschiedenen Temperaturen zukommenden Werthe geben.

Das specifische Gewicht von Flüssigkeiten kann entweder mittelst eines richtig construirten Aräometers oder durch Wägung eines mit der Flüssigkeit gefüllten Gefäßes, dessen Inhalt man genau kennt, ermittelt werden. Nach dem so ermittelten specifischen Gewichte kann man dann den Alkoholgehalt entweder in Gewichtsprocenten oder in Volumprocenten bestimmen. Im ersteren Falle würde man also finden, daß 100 Pfunde, Lothe, Kilogramme ꝛc. x Pfunde, Lothe, Kilogramme Alkohol, im zweiten Falle, daß 100 Quart, Maß, Kannen, Liter x Quart, Maß, Kannen, Liter Alkohol enthalten.

Die nächsten Tabellen zeigen den Alkoholgehalt rein geistiger Flüssigkeiten nach Gewichtsprocenten.

Tafel I.
Gewichtsprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Löwitz.
Normaltemperatur 20° C. = 16° R.

Gewichtsprocente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichtsprocente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichtsprocente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichtsprocente an Alkohol.	Spec. Gew.
100	0,791	74	0,859	48	0,919	23	0,968
99	794	73	861	47	921	22	970
98	797	72	863	46	923	21	971
97	800	71	866	45	925	20	973
96	803	70	868	44	927	19	974
95	805	69	870	43	930	18	976
94	808	68	872	42	932	17	977
93	811	67	875	41	934	16	978
92	813	66	877	40	936	15	980
91	816	65	880	39	938	14	981
90	818	64	882	38	940	13	983
89	821	63	885	37	942	12	985
88	823	62	887	36	944	11	986
87	826	61	889	35	946	10	987
86	828	60	892	34	948	9	988
85	831	59	894	33	950	8	989
84	834	58	896	32	952	7	991
83	836	57	899	31	954	6	992
82	839	56	901	30	956	5	994
81	842	55	903	29	957	4	995
80	844	54	905	28	959	3	997
79	847	53	907	27	961	2	998
78	849	52	909	26	963	1	999
77	851	51	912	25	965	0	1000
76	853	50	914	24	966		
75	856	49	917				

Tafel II.
Gewichtsprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Fownes.
Normaltemperatur 60° F. = $15^5/_9$° C. = $12^4/_9$° R.

Spec. Gew.	Gewichtsprocente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichtsprocente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichtsprocente an Alkohol.
0,9991	0,5	0,9511	34	0,8769	68
9981	1	9490	35	8745	69
9965	2	9470	36	8721	70
9947	3	9452	37	8696	71
9930	4	9434	38	8672	72
9914	5	9416	39	8649	73
9898	6	9396	40	8625	74
9884	7	9376	41	8603	75
9869	8	9356	42	8581	76
9855	9	9335	43	8557	77
9841	10	9314	44	8533	78
9828	11	9292	45	8508	79
9815	12	9270	46	8483	80
9802	13	9249	47	8459	81
9789	14	9228	48	8434	82
9778	15	9206	49	8408	83
9766	16	9184	50	8382	84
9753	17	9160	51	8357	85
9741	18	9135	52	8331	86
9728	19	9113	53	8305	87
9716	20	9090	54	8279	88
9704	21	9069	55	8254	89
9691	22	9047	56	8228	90
9678	23	9025	57	8199	91
9665	24	9001	58	8172	92
9652	25	8979	59	8145	93
9638	26	8956	60	8118	94
9623	27	8932	61	8089	95
9609	28	8908	62	8061	96
9593	29	8886	63	8031	97
9578	30	8863	64	8001	98
9560	31	8840	65	7969	99
9544	32	8816	66	7938	100
9528	33	8793	67		

Tafel III.

Gewichtsprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Drinkwater.

Normaltemperatur 60° F. = 15⁵/₉° C. = 12⁴/₉° R.

Spec. Gew.	Gewichts-procente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichts-procente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichts-procente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichts-procente an Alkohol.	Spec. Gew.	Gewichts-procente an Alkohol.
1,0000	0,00	0,9967	1,78	0,9934	3,67	0,9901	5,70	0,9869	7,85
0,9999	0,05	9966	1,83	9933	3,73	9900	5,77	9868	7,92
9998	0,11	9965	1,89	9932	3,78	9899	5,83	9867	7,99
9997	0,16	9964	1,94	9931	3,84	9898	5,89	9866	8,06
9996	0,21	9963	1,99	9930	3,90	9897	5,96	9865	8,13
9995	0,26	9962	2,05	9929	3,96	9896	6,02	9864	8,20
9994	0,32	9961	2,11	9928	4,02	9895	6,09	9863	8,27
9993	0,37	9960	2,17	9927	4,08	9894	6,15	9862	8,34
9992	0,42	9959	2,22	9926	4,14	9893	6,22	9861	8,41
9991	0,47	9958	2,28	9925	4,20	9892	6,29	9860	8,48
9990	0,53	9957	2,34	9924	4,27	9891	6,35	9859	8,55
9989	0,58	9956	2,39	9923	4,33	9890	6,42	9858	8,62
9988	0,64	9955	2,45	9922	4,39	9889	6,49	9857	8,70
9987	0,69	9954	2,51	9921	4,45	9888	6,55	9856	8,77
9986	0,74	9953	2,57	9920	4,51	9887	6,62	9855	8,84
9985	0,80	9952	2,62	9919	4,57	9886	6,69	9854	8,91
9984	0,85	9951	2,68	9918	4,64	9885	6,75	9853	8,98
9983	0,91	9950	2,74	9917	4,70	9884	6,82	9852	9,05
9982	0,96	9949	2,79	9916	4,76	9883	6,89	9851	9,12
9981	1,02	9948	2,85	9915	4,82	9882	6,95	9850	9,20
9980	1,07	9947	2,91	9914	4,88	9881	7,02	9849	9,27
9979	1,12	9946	2,97	9913	4,94	9880	7,09	9848	9,34
9978	1,18	9945	3,02	9912	5,01	9879	7,16	9847	9,41
9977	1,23	9944	3,08	9911	5,07	9878	7,23	9846	9,49
9976	1,29	9943	3,14	9910	5,13	9877	7,30	9845	9,56
9975	1,34	9942	3,20	9909	5,20	9876	7,37	9844	9,63
9974	1,40	9941	3,26	9908	5,26	9875	7,43	9843	9,70
9973	1,45	9940	3,32	9907	5,32	9874	7,50	9842	9,78
9972	1,51	9939	3,37	9906	5,39	9873	7,57	9841	9,85
9971	1,56	9938	3,43	9905	5,45	9872	7,64	9940	9,92
9970	1,61	9937	3,49	9904	5,51	9871	7,71	9839	9,99
9969	1,67	9936	3,55	9903	5,58	9870	7,78	9838	10,07
9968	1,73	9935	3,61	9902	5,64				

Bei dem geringen specifischen Gewicht des Alkohols müssen die Volumprocente ziemlich weit von den Gewichtsprocenten abweichen, wie man aus der folgenden, die Fundamentalzahlen der übrigen Gay-Lussac'schen Tabelle enthaltenden Tafel ersieht.

Tafel IV.

Volumprocente alkoholischer Flüssigkeiten nach Gay-Lussac.

Normaltemperatur 15° C. = 12° R.

Spec. Gew. der Flüssigkeit.	Volum-procentgehalt an Alkohol.	Spec. Gew. der Flüssigkeit.	Volum-procentgehalt an Alkohol.
0,7947	100	0,9141	60
0,8168	95	0,9248	55
0,8346	90	0,9348	50
0,8502	85	0,9440	45
0,8645	80	0,9523	40
0,8799	75	0,9595	35
0,8907	70	0,9656	10
0,9027	65	1,0000	0

In vorstehender Tabelle ist die Normaltemperatur zu 15° C. und das specifische Gewicht des Wassers bei derselben Temperatur als Einheit angenommen worden. Die von Tralles berechneten Tabellen unterscheiden sich von dieser dadurch, daß sie nicht allein eine andere Normaltemperatur haben, sondern auch daß in ihnen das specifische Gewicht des Wassers bei seiner größten Dichte als Einheit genommen ist. Das specifische Gewicht des Wassers ist daher bei der Normaltemperatur entsprechend geringer und beträgt nur 0,9991. Es wird mithin Alkohol von der Normaltemperatur mit Wasser von größter Dichte verglichen. Die erste Verbesserung welche Brix an den Tralles'schen Tabellen vornahm, bestand in der Abänderung dieser Verschiedenheit, indem er als Einheit des specifischen Gewichts das des Wassers bei der Normaltemperatur annahm.

Tafel V.

Volumprocente und Mischungsverhältnisse alkoholischer Flüssigkeiten, nach Brix.

Normaltemperatur $12^4/_9{}^0$ R. = $15^5/_9{}^0$ C.

Spec. Gew. des Weingeistes bei $12^4/_9{}^0$ R. σ	Bei $12^4/_9{}^0$ R. enthalten 100 Quart Weingeist: Alkohol a Quart.	Wasser w Quart.	Zusammenziehung. c Quart.	Gewicht eines Preuß. Quarts Weingeist bei $12^4/_9{}^0$ R. Pfd. Preuß.	Spec. Gew. des Weingeistes bei $12^4/_9{}^0$ R. σ	Bei $12^4/_9{}^0$ R. enthalten 100 Quart Weingeist: Alkohol a Quart.	Wasser w Quart.	Zusammenziehung. c Quart.	Gewicht eines Preuß. Quarts Weingeist bei $12^4/_9{}^0$ R. Pfd. Preuß.
1,0000	0	100,000	0,000	2,4460	0,9323	51	52,705	3,705	2,2804
0,9985	1	99,055	055	4423	9303	52	51,711	711	2755
9970	2	98,111	111	4386	9283	53	50,716	716	2706
9956	3	97,176	176	4352	9263	54	49,722	722	2657
9942	4	96,242	242	4318	9242	55	48,717	717	2606
9928	5	95,307	307	4283	9221	56	47,712	712	2554
9915	6	94,382	382	4252	9200	57	46,708	708	2503
9902	7	93,458	458	4220	9178	58	45,693	693	2449
9890	8	92,543	543	4191	9156	59	44,678	678	2395
9878	9	91,629	629	4161	9134	60	43,664	664	2341
9866	10	90,714	714	4132	9112	61	42,649	649	2288
9854	11	89,799	799	4102	9090	62	41,635	635	2234
9843	12	88,895	895	4076	9067	63	40,610	610	2177
9832	13	87,990	990	4049	9044	64	39,586	586	2121
9821	14	87,086	1,086	4022	9021	65	38,561	561	2065
9811	15	86,191	191	3997	8997	66	37,526	526	2006
9800	16	85,286	286	2970	8973	67	36,492	492	1948
9790	17	84,392	392	3946	8949	68	35,457	457	1889
9780	18	83,497	497	3921	8925	69	34,423	423	1830
9770	19	82,603	603	3897	8900	70	33,378	378	1769
9760	20	81,708	708	3873	8875	71	32,333	333	1708
9750	21	80,813	813	3848	8850	72	31,289	289	1647
9740	22	79,919	919	3824	8825	73	30,244	244	1586
9729	23	79,014	2,014	3797	8799	74	29,190	190	1522
9719	24	78,119	119	3772	8773	75	28,135	135	1458
9709	25	77,225	225	3748	8747	76	27,080	080	1395
9698	26	76,320	320	3721	8720	77	26,016	016	1329
9688	27	75,426	426	3696	8693	78	24,951	2,951	1263
9677	28	74,521	521	3670	8665	79	23,877	877	1194
9666	29	73,617	617	3643	8639	80	22,822	822	1131
9655	30	72,712	712	3616	8611	81	21,747	747	1062
9643	31	71,797	797	3586	8583	82	20,673	673	0994
9631	32	70,883	883	3557	8555	83	19,598	598	0925
9618	33	69,958	958	3525	8526	84	18,514	514	0854
9605	34	69,034	3,034	3493	8496	85	17,419	419	0781
9592	35	68,109	109	3462	8466	86	16,324	324	0707
9579	36	67,184	184	3430	8436	87	15,230	230	0634
9565	37	66,250	250	3396	8405	88	14,125	125	0558
9550	38	65,305	305	3359	8373	89	13,011	011	0480
9535	39	64,361	361	3321	8339	90	11,876	1,876	0397
9519	40	63,406	406	3283	8306	91	10,751	751	0316
9503	41	62,451	451	3244	8272	92	9,617	617	0233
9487	42	61,497	497	3205	8237	93	8,472	472	0147
9470	43	60,532	532	3163	8201	94	7,318	318	0059
9452	44	59,558	558	3119	8164	95	6,153	153	1,9969
9435	45	58,593	593	3078	8125	96	4,968	0,968	9873
9417	46	57,618	618	3034	8084	97	3,764	764	9773
9399	47	56,644	644	2990	8041	98	2,539	539	9668
9381	48	55,669	669	2946	7995	99	1,285	285	9555
9362	49	54,685	685	2899	7946	100	0,000	000	9436
9343	50	53,700	700	2853					

Für die meisten Bestimmungen geben die Zahlen der vorstehenden Tabelle hinreichend genaue Angaben, insofern man den Alkoholgehalt nach einzelnen Procenten unmittelbar aus dem specifischen Gewicht ablesen kann. Findet man ein specifisches Gewicht, welches in der Tabelle nicht enthalten ist, so wird man den Procentgehalt annehmen, welcher sich dem gefundenen specifischen Gewicht am meisten nähert, oder liegt die gefundene Zahl gerade in der Mitte zwischen zwei in der Tabelle enthaltenen specifischen Gewichten, so addirt man dem geringeren Procentgehalt ½ hinzu. So sei z. B. das gefundene specifische Gewicht 0,9230; in der Tabelle entspricht das specifische Gewicht 0,9242 einem Procentgehalt von 55, das specifische Gewicht 0,9221 einem

Procentgehalt von 56, man kann daher $55\frac{1}{2}$ als die annähernd richtige Zahl annehmen. Genau richtig erhält man den Procentgehalt, indem man die beiden Zahlen, welche der gefundenen am nächsten kommen, von einander abzieht, die Differenz zum Nenner eines echten Bruchs macht, dessen Zähler die Differenz zwischen der gefundenen Zahl und der ihr zunächst stehenden größeren ist. Also es sei z. B. das specifische Gewicht 0,9230 gefunden, welches zwischen 0,9242 und 0,9221 liegt, also zwischen dem Procentgehalt 55 und 56 oder 55 + x, worin x den durch die Differenzen gebildeten Bruch darstellt. Es ist die Differenz der beiden Zahlen der Tabelle 0,9242 — 0,9221 = 21, die Differenz zwischen der gefundenen Zahl und der nächst größten der Tabelle 0,9242 — 0,9230 = 12. Der Bruch, dessen Werth durch x dargestellt wird, ist daher $^{12}/_{21}$, der Procentgehalt $55^{12}/_{21}$ = 55,57. Das specifische Gewicht 0,9230 entspricht daher 55,57 Volumprocenten Alkohol.

Es ist bei den Eigenschaften des Alkohols (S. 139) erwähnt worden, daß beim Vermischen von Alkohol und Wasser stets eine Contraction, also eine Verminderung des Raumes stattfindet, und es ist eine darauf bezügliche Tabelle gegeben worden. Die in der zweiten bis vierten Columne der Tafel V. gegebenen Zahlen weisen dieses nach. Fände keine Contraction Statt, so würden 50 Volum, Quart 2c. Alkohol und 50 Quart Wasser 100 Quart Branntwein von 50 Proc. geben. In Wirklichkeit enthalten aber 100 Quart 50procentiger Branntwein 50 Proc. Alkohol und 53,7 Quart Wasser. Wäre keine Contraction, so würde das specifische Gewicht eines 50procentigen Alkohols das Mittel des specifischen Gewichts von Alkohol und Wasser sein, also

$$\frac{1,0000 + 0,7946}{2} = 0,8973,$$

es würden 100 Quart so viel wiegen wie 50 Quart Wasser (à 2,287 Pfd.) = 114,35 Pfd. + 50 Quart absoluter Alkohol (50 . 2,287 . 0,7946) = 90,86 Pfd., mithin 205,21 Pfd. Durch die Contraction wird aber das specifische Gewicht auf 0,9343, das absolute Gewicht von 100 Quart auf 213,67 Pfd. erhöht.

Will man daher aus absolutem Alkohol und Wasser Mischungen von bestimmter Stärke darstellen, so hat man unter Berücksichtigung der Contraction die dazu erforderlichen Mengen von Alkohol und Wasser abzumessen oder abzuwägen. Man wolle z. B. durch solche Mischung 1 Liter Alkohol von 85 Volumprocenten darstellen, so hat man 850 Cubikcentimeter absoluten Alkohol und 174,19 Cubikcentimeter Wasser, beide bei der Normaltemperatur gemessen, anzuwenden. Da das Abmessen bei einer so bestimmten Temperatur seine großen Schwierigkeiten hat, so ist es besser, die Wägungen an Stelle der Messungen treten zu lassen. Für obige Mischung sind daher erforderlich 850 . 0,7946 = 675,41 Grm. Alkohol und 174,19 Grm. Wasser, welche zusammen 1 Liter oder 849,6 Grm. Alkohol von 85 Volumprocenten liefern.

849,6 Grm. Alkohol von 85 Volumprocenten enthalten daher 675,41 Grm. absoluten Alkohol, es enthalten daher 100 Grm. eines solchen Alkohols 79,5 Grm. absoluten Alkohol denn:

$$849,6 : 675,41 = 100 : 79,5$$

Es ergiebt sich daraus, daß man die Volumprocente durch einfache Rechnung in Gewichtsprocente verwandeln kann, und zwar indem man die Volumprocente mit dem specifischen Gewicht des absoluten Alkohols multiplicirt und das Product durch das specifische Gewicht der Mischung dividirt, also:

$$\frac{85 \;.\; 0,7946}{0,8496} = 79,5$$

Die folgende Tabelle macht diese Berechnung unnöthig, sie giebt die den Volumprocenten entsprechenden Gewichtsprocente. Sie ist nach den Berechnungen von Tralles, wobei, wie oben gesagt, die Einheit des specifischen Gewichts des Wassers nicht genau dieselbe, wie bei den Angaben von Brix ist, die Abweichungen sind jedoch so klein, daß sie für den praktischen Gebrauch kaum in Betracht gezogen zu werden brauchen.

Tafel VI.

Vergleichung der Volumprocente mit den entsprechenden Gewichtsprocenten nach Tralles.

Normaltemperatur $12^4/_9$° R. = $15^5/_9$° C.

Volumprocente.	Gewichtsprocente.	Volumprocente.	Gewichtsprocente.	Volumprocente.	Gewichtsprocente.
0	0	35	28,99	70	62,50
1	0,80	36	29,86	71	63,58
2	1,60	37	30,74	72	64,66
3	2,40	38	31,62	73	65,74
4	3,20	39	32,50	74	66,83
5	4,00	40	33,39	75	67,93
6	4,81	41	34,28	76	69,05
7	5,62	42	35,18	77	70,18
8	6,43	43	36,08	78	71,31
9	7,24	44	36,99	79	72,45
10	8,05	45	37,90	80	73,59
11	8,87	46	38,82	81	74,74
12	9,69	47	39,74	82	75,91
13	10,51	48	40,66	83	77,09
14	11,33	49	41,59	84	78,29
15	12,15	50	42,52	85	79,50
16	12,98	51	43,47	86	80,71
17	13,80	52	44,42	87	81,94
18	14,63	53	45,36	88	83,19
19	15,46	54	46,32	89	84,46
20	16,28	55	47,29	90	85,75
21	17,11	56	48,26	91	87,09
22	17,95	57	49,23	92	88,37
23	18,78	58	50,21	93	89,71
24	19,62	59	51,20	94	91,07
25	20,46	60	52,20	95	92,46
26	21,30	61	53,20	96	93,89
27	22,14	62	54,21	97	95,34
28	22,99	63	55,21	98	96,84
29	23,84	64	56,22	99	98,39
30	24,69	65	57,24	100	100,00
31	25,55	66	58,27		
32	26,41	67	59,32		
33	27,27	68	60,38		
34	28,13	69	61,42		

Nachdem einmal durch Versuche die den verschiedenen specifischen Gewichten entsprechenden Procentgehalte fest-

gestellt waren, konnte man leicht ein Instrument construiren, an welchem man direct die Volum- oder Gewichtsprocente ablesen kann. Man brauchte nur bei einem Aräometer zur Ermittelung des specifischen Gewichts an die Stelle der das specifische Gewicht bezeichnenden Zahlen die den Alkoholgehalten entsprechenden Zahlen zu setzen, um durch die Tiefe des Einsinkens des Instruments unmittelbar die Angaben des Alkoholprocentgehalts zu haben. Die Centesimal-Alkoholometer von Tralles-Brix und Gay-Lussac zeigen auf diese Weise die Volumprocente. Es sind cylindrische Glasspindeln, die unten zu einer kolbenartigen Erweiterung ausgeblasen und durch Quecksilber beschwert sind, so daß sie in Flüssigkeiten von geringerem specifischen Gewicht wie Wasser vertical schwimmen und dabei in reinem Wasser bei der Normaltemperatur so weit einsinken, daß der untere Theil der Spindel gerade ins Wasser eintaucht. Dieser Punkt ist der Nullpunkt der Scala. Die Scala wird durch 101 Striche gebildet, deren 100 Intervallen jedesmal einem Volumprocent Alkohol entsprechen. Da mit jeder Messung mit dem Aräometer oder Alkoholometer eine Temperaturbestimmung verbunden werden muß, so hat man das Thermometer im Alkoholometer angebracht und die Beschwerung des Instruments durch die Kugel des Thermometers herbeigeführt. Es ist dies das Thermo-Alkoholometer. Für die Construction des Alkoholometers wurden zuerst von Tralles Tabellen berechnet und das Instrument mit seinem Namen, unter dem es auch heute noch allgemein bekannt ist, bezeichnet. Nach der Reduction der Einheit des specifischen Gewichts des Wassers von Brix wurde auch diese für die Alkoholometer angewandt.

Ebenso leicht wie die Volumprocente konnte man auch die Gewichtsprocente auf die Alkoholometer übertragen. Da man aber gewohnt ist, Flüssigkeiten dem Maße nach zu schätzen, so macht man allgemein im Spiritushandel von Volumprocenten Gebrauch. Es giebt ein Instrument, das Richter'sche Alkoholometer, welches Gewichtsprocente angeben soll, jedoch die Zahlen, auf welche dieses basirt ist, haben sich als durchaus unzuverlässig erwiesen, und zwar in solchem Maße, daß das Richter'sche Alkoholometer Unrichtigkeiten von 5 bis 6 Proc. zuläßt. Es ist daher vollkommen werthlos und mit Recht aus dem öffentlichen Verkehr verbannt. Alkoholometer mit durchaus willkürlicher Scala wurden von Beck, Beaumé, Cartier eingeführt. Ihre Zahlen erhalten erst bestimmte Werthe, wenn man mittelst Tabellen die den Alkoholometerangaben entsprechenden Procentgehalte bestimmt.

Da alle Flüssigkeiten durch Erwärmung ihr Volum vergrößern, durch Abkühlung verringern, wodurch ein bestimmtes Volum derselben Flüssigkeit ein verschiedenes Gewicht hat, je nachdem die Flüssigkeit wärmer oder kälter ist, so können alle alkoholometrischen Messungen nur bei einer bestimmten Temperatur, der Normaltemperatur ausgeführt werden, wenn man die wahre Stärke der Flüssigkeit finden will. Es ist dies oben schon erwähnt worden. Da es aber im praktischen Verkehr unthunlich ist, die Flüssigkeiten auf die Normaltemperatur zu bringen, so bestimmt man den Alkoholgehalt bei der augenblicklichen Temperatur der Flüssigkeit, wodurch man die scheinbare Stärke erhält, und führt diese durch Rechnung auf die wahre Stärke zurück. Um diese weitläufige Rechnung unnöthig zu machen, sind Tabellen construirt, aus denen man unmittelbar aus der mittelst des Alkoholometers gefundenen scheinbaren Stärke und der mittelst des Thermometers beobachteten Temperatur die wahre Stärke ersehen kann. Die folgende Tabelle von Brix zeigt in der obersten Reihe die scheinbaren Stärken von 21 bis 100 Volumprocent, in der ersten Verticalspalte die Temperatur jeder von — 10 bis + 30° R. Bei ihrem Gebrauche hat man daher nur oben die gefundene scheinbare Stärke aufzusuchen, dann in der Columne herabzugehen, bis man zu dem Punkt kommt, wo die Columnenzahl in einer Linie mit der Temperaturzahl steht, um zu bestimmen, wie viel Procent Alkohol von der Normaltemperatur in 100 Volumen, Quart, Maß, Kannen, Liter, nachdem diese auf die Normaltemperatur gebracht sein würden, enthalten sind. Also z. B. bei der Temperatur von 17° R. sei die scheinbare Stärke 65 Proc. gefunden, so steht in der Columne unter der Zahl 65 und neben der Temperatur 17 die Zahl 63,1, d. h. 100 Volum, Quart &c. der Flüssigkeit würden, wenn sie auf $12^4/_9$° R. abgekühlt wären, 63,1 Volum, Quart &c. absoluten Alkohol enthalten.

Bei den scheinbaren Stärken von 21 bis 30 Proc. sind die Temperaturen von — 6 bis — 10° unberücksichtigt geblieben, da die so schwachen weingeistigen Flüssigkeiten bei dieser Temperatur schon gefrieren.

Tafel VII.

Reduction der scheinbaren Stärken alkoholischer Flüssigkeiten auf wahre Stärken, nach Brix.

Normaltemperatur $12^4/_9{}^\circ$ R. = $15^5/_9{}^\circ$ C.

Wärmegrade. Reaumur.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
— 10											42,8	43,7	44,6	45,5	46,3	47,2	48,1	49,0	49,9	50,8
9											42,3	43,2	44,1	45,0	45,9	46,8	47,7	48,6	49,4	50,3
8											41,8	42,7	43,6	44,5	45,4	46,3	47,2	48,1	49,0	49,9
7											41,3	42,2	43,1	44,0	44,9	45,8	46,7	47,6	48,5	49,4
6											40,8	41,7	42,6	43,5	44,4	45,3	46,2	47,2	48,1	49,0
5	28,2	29,7	31,0	32,3	33,5	34,8	35,9	37,0	38,1	39,2	40,3	41,2	42,1	43,0	43,9	44,8	45,8	46,7	47,6	48,5
4	27,7	29,2	30,5	31,8	33,0	34,2	35,4	36,5	37,5	38,6	39,7	40,7	41,6	42,5	43,4	44,4	45,3	46,2	47,1	48,1
3	27,3	28,7	30,1	31,3	32,5	33,7	34,9	35,9	37,0	38,1	39,1	40,1	41,1	42,0	42,9	43,9	44,8	45,7	46,7	47,6
2	26,8	28,2	29,6	30,8	32,0	33,2	34,3	35,4	36,5	37,5	38,6	39,6	40,6	41,5	42,5	43,4	44,3	45,3	46,2	47,1
— 1	26,6	27,9	29,2	30,5	31,6	32,8	33,9	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,0	41,9	42,9	43,8	44,7	45,7	46,6
0	26,1	27,4	28,8	30,1	31,2	32,3	33,4	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5	40,5	41,4	42,3	43,3	44,2	45,1	46,1
+ 1	25,7	27,0	28,2	29,5	30,7	31,8	32,8	33,9	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	40,9	41,8	42,8	43,7	44,6	45,6
2	25,2	26,4	27,7	28,9	30,1	31,2	32,3	33,3	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,3	42,3	43,2	44,1	45,1
3	24,8	26,0	27,1	28,3	29,5	30,6	31,7	32,8	33,8	34,9	35,9	36,9	37,9	38,9	39,9	40,8	41,8	42,7	43,7	44,6
4	24,3	25,5	26,7	27,8	29,0	30,1	31,2	32,2	33,3	34,3	35,4	36,4	37,4	38,3	39,3	40,3	41,3	42,2	43,2	44,1
5	23,9	25,1	26,2	27,4	28,5	29,7	30,7	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,7	41,7	42,7	43,6
6	23,5	24,7	25,8	26,9	28,1	29,2	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,1	43,1
7	23,2	24,3	25,4	26,5	27,6	28,7	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7	42,6
8	22,8	23,9	25,0	26,1	27,1	28,2	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,2	39,2	40,2	41,2	42,2
9	22,3	23,4	24,5	25,5	26,6	27,7	28,7	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7
10	21,9	23,0	24,0	25,0	26,1	27,1	28,2	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,2	38,2	39,2	40,1	41,1
11	21,5	22,6	23,6	24,6	25,6	26,6	27,7	28,7	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7
12	21,2	22,2	23,2	24,2	25,2	26,2	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2	40,2
13	20,8	21,8	22,8	23,8	24,8	25,8	26,8	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7
14	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,3	29,3	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2
15	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	24,9	25,9	26,9	27,8	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,6	35,6	36,7	37,7	38,7
16	19,6	20,6	21,6	22,5	23,5	24,5	25,4	26,4	27,3	28,3	29,3	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,1	36,2	37,2	38,2
17	19,2	20,1	21,1	22,1	23,0	24,0	24,9	25,9	26,9	27,8	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7
18	18,8	19,7	20,7	21,6	22,5	23,5	24,4	25,4	26,3	27,3	28,3	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2
19	18,5	19,3	20,2	21,2	22,1	23,0	23,9	24,9	25,8	26,8	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7
20	18,1	19,0	19,8	20,7	21,6	22,6	23,5	24,4	25,3	26,3	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2
21	17,7	18,6	19,4	20,3	21,2	22,1	23,0	23,9	24,8	25,8	26,7	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7
22	17,3	18,2	19,0	19,9	20,8	21,7	22,6	23,5	24,3	25,3	26,2	27,2	28,2	29,2	30,1	31,1	32,2	33,2	34,2	35,2
23	16,9	17,8	18,6	19,5	20,3	21,2	22,1	23,0	23,9	24,8	25,7	26,7	27,7	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,7	34,7
24	16,5	17,4	18,2	19,1	19,9	20,8	21,7	22,6	23,5	24,4	25,3	26,2	27,2	28,2	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,2
25	16,2	17,0	17,8	18,6	19,5	20,3	21,2	22,1	23,0	23,9	24,8	25,7	26,7	27,7	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,7
26	15,7	16,6	17,4	18,2	19,1	19,9	20,8	21,6	22,5	23,4	24,3	25,2	26,1	27,1	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1
27	15,3	16,1	17,0	17,8	18,6	19,4	20,3	21,2	22,0	22,9	23,8	24,7	25,7	26,7	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6	32,7
28	14,9	15,7	16,5	17,3	18,2	19,0	19,8	20,7	21,6	22,5	23,4	24,3	25,2	26,2	27,2	28,1	29,1	30,1	31,1	32,2
29	14,4	15,2	16,1	16,9	17,7	18,6	19,4	20,2	21,1	22,0	22,9	23,8	24,7	25,7	26,7	27,6	28,6	29,6	30,6	31,7
+30	14,0	14,8	15,7	16,5	17,3	18,1	19,0	19,8	20,7	21,6	22,4	23,3	24,2	25,1	26,1	27,1	28,1	29,1	30,1	31,2

Tafel VII. (Fortsetzung.)

Wärmegrade. Reaumur.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
— 10	51,7	52,6	53,5	54,3	55,2	56,1	57,0	57,9	58,8	59,7	60,6	61,5	62,5	63,4	64,3	65,3	66,2	67,1	68,1	69,0
9	51,2	52,1	53,0	53,9	54,8	55,7	56,6	57,5	58,4	59,3	60,2	61,1	62,1	63,0	63,9	64,9	65,8	66,8	67,7	68,6
8	50,8	51,7	52,6	53,5	54,4	55,3	56,2	57,1	58,0	58,9	59,8	60,7	61,7	62,6	63,6	64,5	65,4	66,4	67,3	68,3
7	50,3	51,3	52,2	53,1	54,0	54,9	55,8	56,7	57,6	58,5	59,4	60,3	61,3	62,2	63,2	64,1	65,0	66,0	66,9	67,9
6	49,9	50,8	51,7	52,6	53,5	54,5	55,4	56,3	57,2	58,1	59,0	59,9	60,9	61,8	62,8	63,7	64,7	65,6	66,5	67,5
5	49,4	50,4	51,3	52,2	53,1	54,0	54,9	55,9	56,8	57,7	58,6	59,5	60,5	61,4	62,4	63,3	64,3	65,2	66,2	67,1
4	49,0	49,9	50,8	51,8	52,7	53,6	54,5	55,4	56,4	57,3	58,2	59,1	60,1	61,0	62,0	62,9	63,9	64,8	65,8	66,7
3	48,5	49,4	50,4	51,3	52,2	53,2	54,1	55,0	56,0	56,9	57,8	58,7	59,7	60,6	61,6	62,5	63,5	64,4	65,4	66,4
2	48,1	49,0	49,9	50,9	51,8	52,7	53,7	54,6	55,5	56,5	57,4	58,4	59,3	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65,0	66,0
— 1	47,5	48,5	49,4	50,3	51,3	52,2	53,2	54,1	55,1	56,0	57,0	57,9	58,9	59,8	60,8	61,7	62,7	63,7	64,6	65,6
0	47,0	48,0	48,9	49,9	50,8	51,8	52,7	53,7	54,6	55,6	56,5	57,5	58,5	59,4	60,4	61,4	62,3	63,3	64,3	65,2
+ 1	46,5	47,5	48,5	49,5	50,4	51,4	52,3	53,3	54,2	55,1	56,1	57,1	58,0	59,0	60,0	60,9	61,9	62,9	63,9	64,8
2	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0	50,9	51,9	52,8	53,8	54,7	55,7	56,6	57,6	58,6	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5	64,4
3	45,6	46,5	47,5	48,5	49,5	50,5	51,4	52,4	53,3	54,3	55,2	56,2	57,2	58,1	59,1	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0
4	45,1	46,1	47,0	48,0	49,0	50,0	50,9	51,9	52,9	53,8	54,8	55,8	56,7	57,7	58,7	59,6	60,6	61,6	62,6	63,6
5	44,6	45,6	46,6	47,5	48,5	49,5	50,5	51,4	52,4	53,4	54,4	55,3	56,3	57,3	58,3	59,2	60,2	61,2	62,2	63,2
6	44,1	45,1	46,1	47,1	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	52,9	53,9	54,9	55,9	56,9	57,8	58,8	59,8	60,8	61,8	62,8
7	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6	50,5	51,5	52,5	53,5	54,5	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,3	61,3	62,3
8	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52,1	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	57,9	58,9	59,9	60,9	61,9
9	42,7	43,7	44,7	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,5	56,5	57,5	58,5	59,5	60,5	61,5
10	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,1	49,1	50,1	51,1	52,1	53,1	54,1	55,1	56,1	57,1	58,1	59,1	60,1	61,1
11	41,7	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	60,6
12	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2
13	40,7	41,7	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8
14	40,2	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,3	48,3	49,3	50,3	51,3	52,3	53,3	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4
15	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,7	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,9	51,9	52,9	53,9	54,9	55,9	56,9	57,9	58,9
16	39,2	40,2	41,3	42,3	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,5	54,5	55,5	56,5	57,5	58,5
17	38,7	39,7	40,8	41,8	42,8	43,8	44,8	45,9	46,9	47,9	48,9	49,9	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0
18	38,2	39,2	40,3	41,3	42,3	43,3	44,3	45,4	46,4	47,4	48,5	49,5	50,5	51,5	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6
19	37,7	38,7	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9	46,9	48,0	49,0	50,1	51,1	52,1	53,1	54,1	55,1	56,1	57,1
20	37,2	38,3	39,3	40,3	41,3	42,3	43,4	44,4	45,4	46,5	47,5	48,5	49,6	50,6	51,6	52,7	53,7	54,7	55,7	56,7
21	36,7	37,8	38,8	39,8	40,9	41,9	42,9	43,9	44,9	46,0	47,0	48,1	49,1	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,3	56,3
22	36,2	37,3	38,3	39,3	40,4	41,4	42,4	43,4	44,5	45,5	46,5	47,6	48,6	49,7	50,7	51,7	52,7	53,8	54,8	55,8
23	35,7	36,7	37,8	38,8	39,9	40,9	41,9	42,9	44,0	45,0	46,0	47,1	48,1	49,1	50,2	51,2	52,3	53,3	54,3	55,4
24	35,2	36,2	37,3	38,3	39,3	40,4	41,4	42,4	43,5	44,5	45,5	46,6	47,6	48,6	49,7	50,7	51,8	52,8	53,8	54,9
25	34,7	35,7	36,8	37,8	38,8	39,9	40,9	42,0	43,0	44,0	45,1	46,1	47,1	48,2	49,2	50,2	51,3	52,3	53,4	54,4
26	34,2	35,2	36,2	37,3	38,3	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5	44,6	45,6	46,7	47,7	48,8	49,8	50,8	51,9	52,9	53,9
27	33,7	34,7	35,7	36,8	37,8	38,8	39,9	40,9	42,0	43,0	44,1	45,2	46,2	47,2	48,3	49,3	50,3	51,4	52,4	53,4
28	33,2	34,2	35,3	36,3	37,3	38,4	39,4	40,4	41,5	42,5	43,6	44,7	45,7	46,7	47,8	48,8	49,9	50,9	52,0	53,0
29	32,7	33,7	34,8	35,8	36,8	37,9	38,9	39,9	41,0	42,0	43,1	44,2	45,2	46,3	47,3	48,3	49,4	50,4	51,5	52,5
+ 30	32,2	33,2	34,3	35,3	36,3	37,4	38,4	39,5	40,5	41,6	42,6	43,7	44,7	45,8	46,8	47,9	48,9	49,9	51,0	52,0

Tafel VII. (Fortsetzung.)

Wärmegrade. Reaumur.	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
− 10	69,9	70,9	71,8	72,7	73,7	74,6	75,5	76,5	77,4	78,3	79,3	80,2	81,1	82,0	82,9	83,8	84,8	85,7	86,6	87,5
9	69,6	70,5	71,4	72,4	73,3	74,3	75,2	76,1	77,1	78,0	78,9	79,9	80,8	81,7	82,6	83,5	84,4	85,4	86,3	87,2
8	69,2	70,1	71,1	72,0	73,0	73,9	74,8	75,8	76,7	77,7	78,6	79,5	80,5	81,4	82,3	83,2	84,1	85,0	86,0	86,9
7	68,8	69,8	70,7	71,6	72,6	73,5	74,5	75,4	76,4	77,3	78,2	79,2	80,1	81,1	82,0	82,9	83,8	84,7	85,7	86,6
6	68,4	69,4	70,3	71,3	72,2	73,2	74,1	75,1	76,0	77,0	77,9	78,8	79,8	80,7	81,6	82,6	83,5	84,4	85,4	86,3
5	68,1	69,0	70,0	70,9	71,9	72,8	73,8	74,7	75,7	76,6	77,6	78,5	79,5	80,4	81,3	82,2	83,2	84,1	85,0	86,0
4	67,7	68,6	69,6	70,5	71,5	72,5	73,4	74,4	75,3	76,3	77,2	78,2	79,1	80,1	81,0	81,9	82,9	83,8	84,7	85,7
3	67,3	68,3	69,2	70,2	71,1	72,1	73,0	74,0	75,0	75,9	76,9	77,8	78,8	79,7	80,7	81,6	82,5	83,5	84,4	85,3
2	66,9	67,9	68,9	69,8	70,8	71,7	72,7	73,6	74,6	75,6	76,5	77,5	78,4	79,4	80,3	81,3	82,2	83,1	84,1	85,0
− 1	66,5	67,5	68,5	69,4	70,4	71,3	72,3	73,3	74,2	75,2	76,2	77,1	78,1	79,0	80,0	80,9	81,9	82,8	83,8	84,7
0	66,2	67,2	68,1	69,1	70,0	71,0	72,0	72,9	73,9	74,8	75,8	76,8	77,8	78,7	79,7	80,6	81,6	82,5	83,5	84,4
+ 1	65,8	66,8	67,7	68,7	69,6	70,6	71,6	72,5	73,5	74,5	75,4	76,4	77,4	78,4	79,3	80,3	81,2	82,2	83,1	84,1
2	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,2	73,1	74,1	75,1	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	80,9	81,9	82,8	83,8
3	65,0	66,0	66,9	67,9	68,9	69,8	70,8	71,8	72,8	73,7	74,7	75,7	76,7	77,6	78,6	79,6	80,6	81,5	82,5	83,4
4	64,6	65,6	66,5	67,5	68,5	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2	82,1	83,1
5	64,2	65,1	66,1	67,1	68,1	69,0	70,0	71,0	72,0	73,0	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,8	79,8	80,8	81,8	82,7
6	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4
7	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0
8	62,9	63,9	64,9	65,9	66,9	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6
9	62,5	63,5	64,5	65,5	66,5	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2
10	62,1	63,1	64,1	65,1	66,1	67,0	68,0	69,0	70,0	71,0	72,0	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9
11	61,6	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5
12	61,2	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2
13	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8
14	60,4	61,4	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4
15	59,9	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1
16	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7
17	59,0	60,1	61,1	62,1	63,1	64,1	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3
18	58,6	59,6	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9	76,9	77,9
19	58,1	59,1	60,2	61,2	62,2	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5	76,5	77,5
20	57,7	58,7	59,7	60,8	61,8	62,9	63,9	64,9	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0	71,0	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,2
21	57,3	58,3	59,3	60,3	61,4	62,4	63,5	64,5	65,5	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8
22	56,8	57,8	58,9	59,9	60,9	62,0	63,0	64,1	65,1	66,1	67,1	68,2	69,2	70,2	71,2	72,3	73,3	74,3	75,3	76,4
23	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4	61,5	62,5	63,6	64,6	65,7	66,7	67,7	68,7	69,7	70,8	71,8	72,8	73,9	74,9	76,0
24	55,9	56,9	57,9	58,9	59,9	61,0	62,0	63,1	64,1	65,2	66,2	67,2	68,3	69,3	70,3	71,4	72,4	73,4	74,5	75,5
25	55,4	56,4	57,5	58,5	59,5	60,5	61,6	62,6	63,7	64,7	65,8	66,8	67,9	68,9	69,9	71,0	72,0	73,0	74,1	75,1
26	54,9	56,0	57,0	58,0	59,1	60,1	61,1	62,2	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4	68,5	69,5	70,5	71,6	72,6	73,7	74,7
27	54,5	55,5	56,6	57,6	58,6	59,7	60,7	61,8	62,8	63,9	65,0	66,0	67,0	68,1	69,1	70,1	71,2	72,2	73,3	74,3
28	54,0	55,1	56,1	57,1	58,2	59,2	60,3	61,3	62,4	63,4	64,5	65,5	66,6	67,6	68,7	69,7	70,7	71,8	72,9	73,9
29	53,6	54,6	55,6	56,7	57,7	58,8	59,8	60,9	61,9	63,0	64,0	65,1	66,1	67,2	68,2	69,3	70,3	71,4	72,4	73,5
+ 30	53,1	54,1	55,2	56,2	57,3	58,3	59,4	60,4	61,5	62,5	63,6	64,6	65,7	66,7	67,8	68,8	69,9	70,9	72,0	73,1

Tafel VII. (Schluß.)

Wärmegrade. Reaumur.	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
— 10	88,4	89,3	90,2	91,0	91,8	92,7	93,5	94,3	95,2	96,0	96,8	97,7	98,5	99,3						
9	88,1	89,0	89,9	90,8	91,6	92,4	93,3	94,1	94,9	95,8	96,6	97,4	98,3	99,1	99,9					
8	87,8	88,7	89,6	90,5	91,3	92,2	93,0	93,9	94,7	95,5	96,4	97,2	98,0	98,9	99,7					
7	87,5	88,4	89,3	90,2	91,1	91,9	92,8	93,6	94,5	95,3	96,1	97,0	97,8	98,7	99,5					
6	87,2	88,1	89,1	90,0	90,8	91,7	92,5	93,4	94,2	95,1	95,9	96,8	97,6	98,4	99,3					
5	86,9	87,8	88,7	89,7	90,5	91,4	92,3	93,1	94,0	94,9	95,7	96,5	97,4	98,2	99,1	99,9				
4	86,6	87,6	88,5	89,4	90,3	91,2	92,1	92,9	93,8	94,6	95,5	96,3	97,2	98,0	98,9	99,7				
3	86,3	87,2	88,1	89,1	90,0	90,9	91,8	92,6	93,5	94,4	95,3	96,1	97,0	97,8	98,7	99,5				
2	85,9	86,9	87,8	88,7	89,7	90,6	91,5	92,4	93,3	94,2	95,1	95,9	96,8	97,6	98,5	99,3				
— 1	85,7	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,2	92,1	93,0	93,9	94,8	95,7	96,6	97,4	98,2	99,1	99,9			
0	85,4	86,3	87,2	88,2	89,1	90,1	91,0	91,9	92,8	93,7	94,6	95,5	96,4	97,2	98,1	99,0	99,8			
+ 1	85,0	86,0	86,9	87,8	88,8	89,7	90,7	91,6	92,5	93,4	94,3	95,2	96,1	97,0	97,9	98,7	99,6			
2	84,7	85,7	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,2	93,1	94,1	95,0	95,9	96,8	97,6	98,5	99,4			
3	84,4	85,4	86,3	87,2	88,2	89,1	90,1	91,0	91,9	92,8	93,8	94,7	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2			
4	84,1	85,0	86,0	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,6	92,6	93,5	94,4	95,4	96,3	97,2	98,1	99,0	99,9		
5	83,7	84,7	85,6	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,3	93,2	94,2	95,1	96,0	96,9	97,8	98,8	99,7		
6	83,3	84,3	85,3	86,2	87,2	88,1	89,1	90,0	91,0	92,0	92,9	93,9	94,8	95,8	96,7	97,6	98,5	99,5		
7	82,9	83,9	84,9	85,9	86,8	87,8	88,8	89,7	90,7	91,7	92,6	93,6	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2		
8	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,4	89,4	90,4	91,4	92,3	93,3	94,3	95,3	96,2	97,1	98,1	99,0	99,9	
9	82,2	83,2	84,2	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1	90,1	91,1	92,1	93,0	94,0	95,0	95,9	96,9	97,8	98,8	99,7	
10	81,8	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8	90,8	91,7	92,7	93,7	94,7	95,7	96,6	97,6	98,6	99,5	
11	81,5	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5	91,4	92,4	93,4	94,4	95,4	96,4	97,4	98,3	99,3	
12	81,2	82,2	83,1	84,1	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1	90,1	91,1	92,1	93,1	94,1	95,1	96,1	97,1	98,1	99,1	
13	80,8	81,8	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	95,8	96,9	97,9	98,9	99,9
14	80,4	81,5	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5	91,5	92,5	93,5	94,5	95,5	96,6	97,6	98,7	99,7
15	80,1	81,1	82,1	83,1	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2	90,2	91,2	92,2	93,2	94,2	95,2	96,3	97,4	98,4	99,5
16	79,7	80,7	81,7	82,7	83,8	84,8	85,8	86,8	87,9	88,9	89,9	90,9	91,9	92,9	93,9	94,9	96,0	97,1	98,2	99,3
17	79,3	80,3	81,3	82,4	83,4	84,4	85,5	86,5	87,5	88,5	89,6	90,6	91,6	92,6	93,6	94,7	95,7	96,8	97,9	99,0
18	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0	84,1	85,1	86,1	87,2	88,2	89,3	90,3	91,3	92,3	93,4	94,4	95,4	96,6	97,7	98,8
19	78,6	79,6	80,6	81,7	82,7	83,7	84,7	85,8	86,8	87,9	89,0	90,0	91,1	92,1	93,1	94,1	95,1	96,3	97,4	98,6
20	78,2	79,2	80,3	81,3	82,3	83,4	84,4	85,4	86,5	87,6	88,6	89,7	90,7	91,8	92,8	93,9	94,9	96,0	97,2	98,3
21	77,8	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0	84,1	85,1	86,2	87,2	88,3	89,4	90,4	91,5	92,5	93,6	94,7	95,8	96,9	98,1
22	77,4	78 5	79,5	80,6	81,6	82,7	83,7	84,7	85,8	86,9	88,0	89,0	90,1	91,2	92,2	93,3	94,4	95,5	96,7	97,8
23	77,0	78,0	79,1	80,1	81,2	82,2	83,3	84,4	85,4	86,5	87,6	88,7	89,8	90,8	91,9	93,0	94,1	95,2	96,4	97,6
24	76,6	77,6	78,7	79,7	80,8	81,8	82,9	83,9	85,0	86,1	87,2	88,3	89,3	90,4	91,5	92,7	93,8	94,9	96,1	97,3
25	76,2	77,2	78,3	79,3	80,4	81,5	82,5	83,6	84,7	85,8	86,9	87,9	89,0	90,1	91,3	92,4	93,5	94,6	95,8	97,1
26	75,8	76,8	77,9	78,9	80,0	81,1	82,2	83,2	84,3	85,4	86,5	87,6	88,7	89,8	90,9	92,1	93,2	94,4	95,6	96,8
27	75,4	76,4	77,5	78,6	79,6	80,7	81,8	82,9	83,9	85,0	86,1	87,2	88,4	89,5	90,6	91,7	92,9	94,0	95,2	96,3
28	75,0	76,0	77,1	78,2	79,2	80,3	81,4	82,5	83,6	84,7	85,8	86,9	88,0	89,1	90,3	91,4	92,6	93,7	94,9	96,0
29	74,5	75,6	76,7	77,8	78,8	79,9	81,0	82,1	83,2	84,3	85,4	86,5	87,7	88,8	89,9	91,1	92,2	93,4	94,6	95,7
+ 30	74,1	75,2	76,3	77,3	78,4	79,5	80,6	81,7	82,8	83,9	85,0	86,2	87,3	88,5	89,6	90,8	91,9	93,1	94,3	95,4

Aus der vorstehenden Tafel ergiebt sich der Volumprocentgehalt der weingeistigen Flüssigkeiten unter der Voraussetzung, daß die Flüssigkeit auf die Temperatur von $12\frac{4}{9}$ ° R. gebracht sei. Da aber die Flüssigkeiten dem Maße nach verkauft werden und es im praktischen Verkehr noch weit schwieriger ist, ganze Reihen von mit Spiritus gefüllten Fässern auf die Normaltemperatur zu bringen, als eine Probe so weit abzukühlen oder zu erwärmen, so fehlt noch eine wichtige Angabe, und zwar die: wie viel Volume absoluter Alkohol von der Normaltemperatur sind in einem gegebenen Volum alkoholischer Flüssigkeit von beliebiger Temperatur enthalten. Diese Angabe bezeichnet man als die Reichhaltigkeit des Spiritus.

Also z. B. man habe die scheinbare Stärke eines Spiritus von 20° R. zu 70 Volumprocenten bestimmt und aus der Tafel VII. ersehen, daß die wahre Stärke 67 Volumprocente betrage, d. h. daß 100 Quart Spiritus von $12\frac{4}{9}$ ° R. 67 Quart absoluten Alkohol enthalten. Wie viel Quart absoluten Alkohol der Normaltemperatur würden dann 100 Quart des 20° R. warmen Spiritus enthalten?

Man kann dieses ermitteln, indem man berechnet, wie groß das Volum des 20° R. warmen Spiritus bei einer Temperatur von $12\frac{4}{9}$ ° R. sein würde. Die Volume der Flüssigkeiten verhalten sich umgekehrt wie die specifischen Gewichte, welche dieselbe Flüssigkeit bei verschiedenen Temperaturgraden zeigen würde. Bezeichnet man das Volum, welches 100 Volume des obigen Spiritus von 20° bei $12\frac{4}{9}$° haben würden, mit V, das specifische Gewicht desselben bei der Normaltemperatur mit s, sein specifisches Gewicht bei 20° R. mit s', so ist das Volum desselben bei der Normaltemperatur:

$$100 : V = \frac{1}{s'} : \frac{1}{s}$$

oder

$$V = 100 \, . \, \frac{s'}{s}$$

Multiplicirt man dann das gefundene Volum mit der wahren Stärke, die mit a bezeichnet sein mag, so findet man unmittelbar die Reichhaltigkeit des Spiritus oder die Zahl der Volume Alkohol der Normaltemperatur, welche in 100 Volumen des Spiritus von 20° R. enthalten sind. Dieselben Regeln sind natürlich für alle anderen Zahlen gleich anwendbar.

Die wahre Stärke a des Spiritus von 20° R., dessen scheinbare Stärke 70 Volumprocent beträgt, ist, wie wir oben und aus der Tabelle VII. gesehen haben, = 67 Proc. Das specifische Gewicht s eines 67procentigen Spiritus ist aber nach Tafel V. = 0,8973. Es ist nun noch das specifische Gewicht desselben Spiritus bei 20° R. zu bestimmen, welches entweder durch Wägung oder durch das Alkoholometer geschehen kann. Sinkt das Alkoholometer bei beliebiger Temperatur bis zum Theilstrich 70 ein, so zeigt dieses nicht die Volumprocente Alkohol an, sondern es läßt sich aus dem Stande schließen, daß die Flüssigkeit dasselbe specifische Gewicht, wie ein 70procentiger Spiritus bei der Normaltemperatur hat. Dieses ist nun nach Tafel V. = 0,8900 und folglich erhält s' diesen Werth. Hierin sind alle zur Berechnung erforderlichen Daten gegeben. Wir haben s = 0,8973, s' = 8900, folglich ist das gesuchte Volumen V =

$$V = 100 \, . \, \frac{s'}{s} = 100 \, . \, \frac{8900}{8973} = 99{,}19.$$

Multiplicirt man daher den Werth von V oder von 100 Quart mit der gefundenen wahren Stärke a und dividirt durch 100, so findet man unmittelbar die Reichhaltigkeit oder den Volumprocentgehalt an Alkohol von $12\frac{4}{9}$ ° R., welchen der Spiritus von 20° R., dessen auf $12\frac{4}{9}$ ° R. zurückgeführtes Volum V bekannt ist, haben würde. a ist in unserem Beispiele = 67, V ist zu 99,19 bestimmt, mithin ist die Reichhaltigkeit:

$$\frac{99{,}19 \, . \, 67}{100} = 66{,}46 \text{ Proc.}$$

Auch diese Berechnungen sind für die Temperaturen von — 10° R. bis + 30° R. und von 21 bis 100 Volumprocenten von Brix ausgeführt und in folgender Tafel, über deren Anwendung dasselbe wie bei der vorigen gilt, zusammengestellt.

Tafel VIII.

Reichhaltigkeit alkoholischer Flüssigkeiten, deren wahre Stärke nach Tafel VII. bestimmt ist. Nach Brix.

Normaltemperatur $12^4/_9$° R. = $15^5/_9$° C.

Wärmegrade. Reaumur.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
−10											43,6	44,5	45,4	46,3	47,3	48,2	49,1	50,0	50,9	51,9
9											43,0	44,0	44,9	45,8	46,7	47,7	48,6	49,5	50,4	51,3
8											42,5	43,4	44,3	45,3	46,2	47,1	48,1	49,0	49,9	50,8
7											41,9	42,9	43,8	44,7	45,7	46,6	47,5	48,5	49,4	50,3
6											41,4	42,3	43,2	44,2	45,1	46,1	47,0	47,9	48,9	49,8
5	28,4	30,0	31,4	32,6	33,9	35,2	36,3	37,5	38,6	39,7	40,8	41,8	42,7	43,6	44,6	45,5	46,5	47,4	48,4	49,3
4	27,9	29,4	30,9	32,1	33,3	34,6	35,8	36,9	38,0	39,1	40,2	41,2	42,2	43,1	44,1	45,0	45,9	46,9	47,8	48,8
3	27,5	28,9	30,4	31,6	32,8	34,0	35,3	36,4	37,4	38,5	39,6	40,7	41,6	42,6	43,5	44,5	45,4	46,4	47,3	48,3
2	27,1	28,5	29,9	31,1	32,3	33,5	34,8	35,9	36,9	37,9	39,0	40,1	41,1	42,0	43,0	43,9	44,9	45,8	46,8	47,8
− 1	26,7	28,1	29,5	30,8	31,9	33,0	34,3	35,4	36,4	37,4	38,5	39,5	40,5	41,5	42,4	43,4	44,3	45,3	46,2	47,2
0	26,2	27,6	29,0	30,3	31,4	32,5	33,7	34,8	35,8	36,9	37,9	38,9	39,9	40,9	41,8	42,8	43,7	44,7	45,6	46,6
+ 1	25,8	27,1	28,4	29,7	30,9	32,0	33,1	34,2	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,4	41,3	42,2	43,2	44,1	45,1	46,0
2	25,3	26,6	27,8	29,1	30,3	31,4	32,5	33,6	34,7	35,7	36,7	37,7	38,8	39,8	40,8	41,7	42,7	43,6	44,5	45,5
3	24,9	26,1	27,3	28,5	29,7	30,8	31,9	33,0	34,0	35,1	36,1	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,1	43,1	44,0	45,0
4	24,4	25,6	26,8	28,0	29,1	30,3	31,3	32,4	33,5	34,5	35,6	36,6	37,6	38,6	39,6	40,6	41,6	42,5	43,5	44,5
5	24,0	25,2	26,3	27,5	28,7	29,8	30,9	31,9	32,9	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0	42,9	43,9
6	23,6	24,8	25,9	27,0	28,2	29,3	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,4	43,4
7	23,2	24,3	25,5	26,6	27,7	28,8	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9	36,9	37,9	38,9	39,9	40,9	41,9	42,8
8	22,8	23,9	25,1	26,1	27,2	28,3	29,3	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,3	41,3	42,3
9	22,4	23,4	24,5	25,6	26,6	27,7	28,8	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9	36,9	37,8	38,8	39,8	40,8	41,8
10	21,9	23,0	24,0	25,1	26,1	27,2	28,2	29,3	30,3	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,3	37,3	38,3	39,2	40,2	41,2
11	21,6	22,6	23,6	24,6	25,6	26,7	27,7	28,7	29,7	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,7	39,7	40,7
12	21,2	22,2	23,2	24,2	25,2	26,2	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,3	34,3	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2	40,2
13	20,8	21,8	22,8	23,8	24,8	25,8	26,8	27,8	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7
14	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,3	26,3	27,3	28,3	29,3	30,2	31,2	32,2	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,2	39,2
15	20,0	21,0	22,0	23,0	23,9	24,9	25,9	26,8	27,8	28,7	29,7	30,7	31,6	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,6
16	19,6	20,5	21,5	22,5	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,2	29,2	30,2	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1
17	19,2	20,1	21,1	22,0	23,0	23,9	24,9	25,8	26,8	27,7	28,7	29,7	30,6	31,6	32,6	33,6	34,5	35,5	36,5	37,6
18	18,8	19,7	20,6	21,5	22,5	23,4	24,4	25,3	26,3	27,2	28,2	29,1	30,1	31,1	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0
19	18,4	19,3	20,2	21,1	22,0	22,9	23,9	24,8	25,7	26,7	27,6	28,6	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5
20	18,0	18,9	19,8	20,7	21,6	22,5	23,4	24,3	25,2	26,2	27,1	28,1	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0
21	17,6	18,5	19,4	20,2	21,1	22,0	22,9	23,8	24,7	25,6	26,6	27,6	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,4	34,4	35,4
22	17,2	18,1	18,9	19,8	20,7	21,6	22,4	23,3	24,2	25,1	26,1	27,0	28,0	29,0	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9
23	16,8	17,7	18,5	19,4	20,2	21,1	22,0	22,9	23,8	24,6	25,6	26,5	27,5	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4
24	16,5	17,3	18,1	19,0	19,8	20,7	21,6	22,4	23,3	24,2	25,1	26,0	27,0	27,9	28,9	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8
25	16,1	16,9	17,7	18,5	19,3	20,2	21,1	22,0	22,8	23,7	24,6	25,5	26,5	27,4	28,4	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3
26	15,7	16,5	17,3	18,1	18,9	19,7	20,6	21,5	22,3	23,2	24,1	25,0	25,9	26,9	27,9	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8
27	15,2	16,0	16,9	17,7	18,5	19,3	20,1	21,0	21,9	22,7	23,6	24,5	25,4	26,4	27,4	28,3	29,3	30,3	31,3	32,3
28	14,8	15,6	16,4	17,2	18,0	18,8	19,7	20,5	21,4	22,3	23,1	24,0	24,9	25,9	26,9	27,8	28,8	29,8	30,8	31,8
29	14,3	15,1	16,0	16,8	17,6	18,4	19,2	20,1	20,9	21,8	22,7	23,6	24,5	25,4	26,4	27,3	28,3	29,3	30,3	31,3
+30	13,9	14,7	15,5	16,3	17,2	18,0	18,8	19,6	20,5	21,3	22,2	23,1	24,0	24,9	25,9	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8

Tafel VIII. (Fortsetzung.)

Wärmegrade. Reaumur.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
− 10	52,8	53,7	54,6	55,5	56,4	57,4	58,3	59,2	60,1	61,0	62,0	62,9	63,9	64,9	65,8	66,8	67,8	68,7	69,7	70,7
9	52,3	53,2	54,1	55,0	56,0	56,9	57,8	58,7	59,6	60,6	61,5	62,5	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,2
8	51,8	52,7	53,6	54,5	55,5	56,4	57,3	58,3	59,2	60,1	61,0	62,0	63,0	63,9	64,9	65,9	66,9	67,8	68,8	69,8
7	51,3	52,2	53,1	54,1	55,0	55,9	56,9	57,8	58,7	59,7	60,6	61,5	62,5	63,5	64,5	65,4	66,4	67,4	68,3	69,3
6	50,7	51,7	52,6	53,6	54,5	55,4	56,4	57,3	58,3	59,2	60,1	61,1	62,0	63,0	64,0	65,0	65,9	66,9	67,9	68,8
5	50,2	51,2	52,1	53,1	54,0	54,9	55,9	56,8	57,8	58,7	59,7	60,6	61,6	62,5	63,5	64,5	65,5	66,4	67,4	68,4
4	49,7	50,7	51,6	52,6	53,5	54,4	55,4	56,4	57,3	58,2	59,2	60,1	61,1	62,1	63,0	64,0	65,0	66,0	66,9	67,9
3	49,2	50,2	51,1	52,1	53,0	53,9	54,9	55,9	56,8	57,8	58,8	59,7	60,7	61,6	62,6	63,6	64,6	65,5	66,5	67,5
2	48,7	49,7	50,6	51,6	52,5	53,4	54,4	55,4	56,3	57,3	58,3	59,2	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65,1	66,0	67,0
− 1	48,1	49,1	50,0	51,0	52,0	52,9	53,9	54,9	55,8	56,8	57,8	58,7	59,7	60,7	61,6	62,6	63,6	64,6	65,6	66,5
0	47,6	48,5	49,5	50,5	51,5	52,4	53,4	54,4	55,3	56,3	57,3	58,2	59,2	60,2	61,2	62,2	63,2	64,1	65,1	66,1
+ 1	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	51,9	52,9	53,9	54,8	55,8	56,8	57,7	58,7	59,7	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,6
2	46,5	47,5	48,5	49,5	50,5	51,4	52,4	53,4	54,3	55,3	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,2	63,2	64,2	65,2
3	46,0	47,0	47,9	48,9	49,9	50,9	51,9	52,9	53,8	54,8	55,8	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7
4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,4	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,2	63,2	64,2
5	44,9	45,9	46,9	47,9	48,9	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,7	62,7	63,7
6	44,4	45,4	46,3	47,3	48,3	49,3	50,3	51,3	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,2	63,2
7	43,8	44,8	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,7	62,7
8	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,3	49,3	50,3	51,3	52,3	53,3	54,3	55,3	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,2
9	42,8	43,8	44,8	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,7	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,7
10	42,2	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,3	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2
11	41,7	42,7	43,8	44,8	45,8	46,8	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,7	53,7	54,7	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7
12	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2
13	40,7	41,7	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,7	53,7	54,7	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7
14	40,2	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,3	54,3	55,3	56,3	57,3	58,3	59,3
15	39,6	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8
16	39,1	40,1	41,1	42,1	43,1	44,1	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,2	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,3	58,3
17	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8
18	38,0	39,0	40,1	41,1	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,2	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,3	54,3	55,3	56,3	57,3
19	37,5	38,5	39,5	40,5	41,5	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,7	53,8	54,8	55,8	56,7
20	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,3	55,3	56,3
21	36,5	37,5	38,5	39,5	40,5	41,6	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,7	53,7	54,7	55,7
22	35,9	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2
23	35,4	36,4	37,4	38,5	39,5	40,5	41,5	42,5	43,5	44,5	45,5	46,6	47,6	48,6	49,6	50,7	51,7	52,7	53,7	54,7
24	34,8	35,9	36,9	37,9	38,9	39,9	41,0	42,0	43,0	44,0	45,0	46,0	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52,2	53,2	54,2
25	34,3	35,3	36,4	37,4	38,4	39,4	40,5	41,5	42,5	43,5	44,5	45,5	46,5	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6	53,7
26	33,8	34,8	35,8	36,8	37,9	38,9	39,9	40,9	42,0	43,0	44,0	45,0	46,0	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52,1	53,1
27	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3	39,4	40,4	41,4	42,5	43,5	44,5	45,5	46,5	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6
28	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,9	40,9	41,9	42,9	44,0	45,0	46,0	47,0	48,1	49,1	50,1	51,1	52,1
29	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,4	41,4	42,4	43,4	44,5	45,5	46,5	47,5	48,5	49,6	50,6	51,6
+ 30	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,9	41,9	42,9	44 0	45,0	46,0	47,0	48,0	49,0	50,1	51,1

Tafel VIII. (Fortsetzung.)

Wärmegrade. Reaumur.	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
— 10	71,7	72,6	73,6	74,6	75,5	76,5	77,5	78,4	79,4	80,4	81,3	82,3	83,2	84,2	85,1	86,1	87,0	88,0	88,9	89,8
9	71,2	72,2	73,1	74,1	75,1	76,0	77,0	78,0	78,9	79,9	80,9	81,9	82,8	83,8	84,7	85,6	86,6	87,5	88,5	89,4
8	70,7	71,7	72,7	73,6	74,6	75,6	76,6	77,5	78,5	79,5	80,4	81,4	82,4	83,3	84,3	85,2	86,2	87,1	88,1	89,0
7	70,3	71,3	72,2	73,2	74,2	75,1	76,1	77,1	78,1	79,0	80,0	81,0	81,9	82,9	83,8	84,8	85,8	86,7	87,7	88,6
6	69,8	70,8	71,8	72,7	73,7	74,7	75,7	76,6	77,6	78,6	79,6	80,5	81,5	82,5	82,4	84,4	85,3	86,3	87,2	88,2
5	69,4	70,3	71,3	72,3	73,3	74,2	75,2	76,2	77,2	78,1	79,1	80,1	81,1	82,0	83,0	83,9	84,9	85,9	86,8	87,8
4	68,9	69,9	70,9	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,7	77,7	78,7	79,7	80,6	81,6	82,6	83,5	84,5	85,5	86,4	87,4
3	68,5	69,4	70,4	71,4	72,4	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,2	79,2	80,2	81,2	82,1	83,1	84,1	85,0	86,0	86,9
2	68,0	69,0	70,0	70,9	71,9	72,9	73,9	74,9	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	80,7	81,7	82,7	83,6	84,6	85,5	86,5
— 1	67,5	68,5	69,5	70,5	71,5	72,5	73,4	74,4	75,1	76,4	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,2	83,2	84,2	85,1	86,1
0	67,1	68,1	69,1	70,0	71,0	72,0	73,0	74,0	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,8	82,8	83,8	84,7	85,7
+ 1	66,6	67,6	68,6	69,6	70,5	71,5	72,5	73,5	74,5	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4	83,3	84,3	85,3
2	66,2	67,1	68,1	69,1	70,1	71,1	72,0	73,0	74,0	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	81,9	82,9	83,9	84,8
3	65,7	66,7	67,7	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5	82,5	83,4	84,4
4	65,2	66,2	67,2	68,1	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0
5	64,7	65,7	66,7	67,7	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,5	79,5	80,5	81,5	82,5	83,5
6	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0
7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,7	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,5	80,5	81,5	82,5
8	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,0	81,0	82,0
9	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,7	70,7	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6
10	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1
11	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,6	76,7	77,7	78,7	79,7	80,7
12	61,2	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2
13	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8
14	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3
15	59,8	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,9	70,9	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8
16	59,3	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3
17	58,8	59,8	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	72,9	73,9	74,8	75,8	76,8	77,8
18	58,2	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,4	77,4
19	57,7	58,7	59,7	60,8	61,8	62,8	63,8	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9
20	57,2	58,2	59,2	60,3	61,3	62,3	63,3	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,5
21	56,7	57,8	58,8	59,8	60,8	61,8	62,8	63,9	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	72,9	73,9	75,0	76,0
22	56,2	57,2	58,2	59,2	60,3	61,3	62,3	63,4	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,5	75,5
23	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,8	62,8	63,8	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	72,9	74,0	75,0
24	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,5
25	54,7	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,7	62,8	63,8	64,8	65,8	66,9	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	72,9	74,0
26	54,1	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,5
27	53,6	54,6	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7	61,8	62,8	63,8	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	69,9	71,0	72,0	73,0
28	53,1	54,1	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,5	71,5	72,5
29	52,6	53,6	54,6	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,9	66,9	67,9	68,9	69,9	71,0	72,0
+ 30	52,1	53,1	54,1	55,1	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,4	67,4	68,4	69,4	70,5	71,5

Tafel VIII. (Schluß.)

Wärmegrade. Reaumur.	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
— 10	90,8	91,7	92,7	93,5	94,4	95,3	96,1	97,0	97,9	98,7	99,6									
9	90,4	91,3	92,3	93,2	94,0	94,9	95,8	96,6	97,5	98,4	99,2	100,0								
8	90,0	90,9	91,9	92,8	93,7	94,5	95,4	96,3	97,1	98,0	98,9	99,7								
7	89,6	90,5	91,5	92,4	93,3	94,2	95,0	95,9	96,8	97,6	98,5	99,4								
6	89,2	90,1	91,1	92,0	92,9	93,8	94,7	95,5	96,4	97,3	98,2	99,0	99,9							
5	88,7	89,7	90,6	91,6	92,5	93,4	94,3	95,2	96,1	96,9	97,8	98,7	99,6							
4	88,3	89,3	90,2	91,2	92,2	93,1	93,9	94,8	95,7	96,6	97,5	98,4	99,2							
3	87,9	88,9	89,8	90,8	91,7	92,7	93,5	94,4	95,4	96,3	97,1	98,0	98,9	99,8						
2	87,5	88,4	89,4	90,3	91,3	92,3	93,1	94,1	95,0	95,9	96,8	97,7	98,5	99,4						
— 1	87,1	88,0	89,0	90,0	90,9	91,9	92,8	93,7	94,6	95,5	96,4	97,3	98,2	99,1	100,0					
0	86,7	87,6	88,6	89,6	90,5	91,5	92,4	93,3	94,3	95,2	96,1	97,0	97,9	98,8	99,7					
+ 1	86,2	87,2	88,1	89,1	90,1	91,0	92,0	92,9	93,9	94,8	95,7	96,7	97,6	98,5	99,4					
2	85,8	86,8	87,7	88,7	89,6	90,6	91,6	92,5	93,4	94,4	95,3	96,3	97,2	98,1	99,0	99,9				
3	85,4	86,3	87,3	88,3	89,2	90,2	91,1	92,1	93,0	94,0	94,9	95,9	96,8	97,7	98,6	99,5				
4	84,9	85,9	86,9	87,8	88,8	89,8	90,7	91,7	92,6	93,6	94,5	95,5	96,4	97,3	98,2	99,2	100,0			
5	84,5	85,4	86,4	87,4	88,3	89,3	90,3	91,2	92,2	93,1	94,1	95,1	96,0	96,9	97,9	98,8	99,7			
6	84,0	85,0	86,0	86,9	87,9	88,9	89,8	90,8	91,7	92,7	93,7	94,7	95,6	96,6	97,5	98,5	99,4			
7	83,5	84,5	85,5	86,5	87,4	88,4	89,4	90,4	91,3	92,3	93,3	94,3	95,2	96,2	97,1	98,1	99,0	100,0		
8	83,0	84,0	85,0	86,0	87,0	87,9	88,9	89,9	90,9	91,9	92,9	93,9	94,8	95,8	96,8	97,7	98,7	99,6		
9	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5	91,5	92,5	93,5	94,4	95,4	96,4	97,3	98,3	99,3		
10	82,1	83,1	84,1	85,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0	93,0	94,0	95,0	96,0	97,0	97,9	98,9	99,9	
11	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6	89,6	90,6	91,6	92,6	93,6	94,6	95,6	96,6	97,6	98,5	99,5	
12	81,2	82,2	83,2	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2	90,2	91,2	92,2	93,2	94,2	95,2	96,2	97,2	98,2	99,2	
13	80,8	81,8	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	95,8	96,8	97,8	98,8	99,8
14	80,3	81,3	82,3	83,3	84,3	85,3	86,3	87,3	88,3	89,3	90,3	91,3	92,3	93,3	94,3	95,3	96,4	97,4	98,4	99,5
15	79,8	80,8	81,9	82,9	83,9	84,9	85,9	86,9	87,9	88,9	89,9	90,9	91,9	92,9	93,9	94,9	96,0	97,0	98,1	99,2
16	79,3	80,3	81,4	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,5	88,5	89,5	90,5	91,5	92,5	93,5	94,5	95,6	96,6	97,7	98,8
17	78,8	79,8	80,9	81,9	82,9	84,0	85,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0	93,0	94,1	95,1	96,2	97,3	98,4
18	78,4	79,4	80,4	81,4	82,5	83,5	84,5	85,5	86,6	87,6	88,6	89,6	90,6	91,6	92,6	93,7	94,7	95,8	96,9	98,1
19	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85,1	86,1	87,2	88,2	89,2	90,2	91,2	92,3	93,3	94,3	95,4	96,5	97,7
20	77,5	78,5	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,6	85,7	86,7	87,8	88,8	89,8	90,8	91,9	92,9	93,9	95,0	96,2	97,3
21	77,0	78,0	79,1	80,1	81,1	82,1	83,2	84,2	85,2	86,3	87,3	88,4	89,4	90,4	91,5	92,5	93,5	94,6	95,8	96,9
22	76,5	77,5	78,6	79,6	80,6	81,7	82,7	83,7	84,8	85,8	86,9	87,9	89,0	90,0	91,1	92,1	93,1	94,2	95,4	96,6
23	76,0	77,0	78,1	79,1	80,1	81,2	82,2	83,2	84,3	85,3	86,4	87,5	88,5	89,6	90,6	91,7	92,7	93,8	95,0	96,2
24	75,5	76,5	77,6	78,6	79,6	80,7	81,7	82,7	83,7	84,8	85,9	87,0	88,0	89,1	90,1	91,2	92,3	93,4	94,6	95,8
25	75,0	76,0	77,1	78,1	79,1	80,2	81,2	82,3	83,3	84,4	85,4	86,5	87,6	88,6	89,7	90,8	91,9	93,0	94,2	95,4
26	74,5	75,5	76,6	77,6	78,6	79,7	80,7	81,8	82,8	83,9	85,0	86,1	87,1	88,2	89,3	90,4	91,5	92,6	93,8	95,0
27	74,0	75,1	76,1	77,1	78,2	79,2	80,3	81,3	82,4	83,4	84,5	85,6	86,7	87,7	88,9	90,0	91,1	92,2	93,3	94,5
28	73,5	74,6	75,6	76,6	77,7	78,7	79,8	80,9	81,9	83,0	84,1	85,1	86,2	87,3	88,4	89,5	90,7	91,8	92,9	94,0
29	73,0	74,1	75,1	76,1	77,2	78,2	79,3	80,4	81,4	82,5	83,6	84,7	85,8	86,9	87,9	89,1	90,2	91,3	92,4	93,6
+ 30	72,5	73,6	74,6	75,6	76,7	77,7	78,8	79,9	81,0	82,0	83,1	84,2	85,3	86,4	87,5	88,7	89,8	90,9	92,0	93,2

Ein Beispiel wird den Gebrauch und den Zusammenhang der beiden Tafeln noch mehr erläutern. Es seien 20000 Quart Spiritus von 90 Volumprocenten oder 90° Tralles bei einer Temperatur von 23° R. geliefert, der Preis derselben sei zu 32 Thlr. für 8000 Quartprocente der Normaltemperatur bedungen, wie hoch ist der Werth der Lieferung? Die scheinbare Stärke von 90 Proc. bei 23° R. entspricht nach Tafel VII. der wahren Stärke von 86,5 Proc. Die Reichhaltigkeit eines Spiritus von 86 Proc. ist nach Tafel VIII. bei 23° R. 81,2 Proc., die eines Spiritus von 87 Proc. ist 82,2. Da die wahre Stärke gerade in der Mitte zwischen 86 und 87 Proc. liegt, so entspricht der Zahl 86,5 das Mittel von 81,2 und 82,2 oder 81,7. 100 Quart des gelieferten Spiritus werden daher 81,7 Quart absoluten Alkohol von $12\frac{4}{9}$° R. oder 8170 Quartprocente enthalten. In der ganzen Lieferung sind daher enthalten $\frac{8170 \;.\; 20000}{100} = 1634000$ Quartprocente. Da 8000 Quartprocente 32 Thlr. kosten, so ist der Werth der ganzen Lieferung 6536 Thlr. Wäre diese Reduction nicht vorgenommen und der Spiritus nach der scheinbaren Stärke bezahlt, so würden die 20000 Quart zu 90 Proc. 1800000 Quartprocente enthalten und mit 7200 Thlr. bezahlt sein, oder nach der wahren Stärke ohne Reduction des Volums, also 20000 Quart zu 86,5 Proc., so wären 1730000 Quartprocente mit 6920 Thlr. bezahlt. Aus diesen Zahlen ergiebt sich wohl am deutlichsten, zu welchem Schaden die Anwendung des Alkoholometers ohne gleichzeitige Beobachtung der Temperatur führen kann.

Die beiden Tabellen von Brix sind in nachstehender Tafel IX. von Gay-Lussac, welche für die Normaltemperatur von 15° C. gilt, vereinigt. Die oberen Reihen geben die durch das Alkoholometer beobachteten scheinbaren Stärken und darunter die jedem Temperaturgrad zwischen 0° und 30° C. entsprechenden wahren Stärken. Die unter diesen stehenden Zahlen geben die Werthe für 1000 V bei der Temperatur von 15° C., man braucht daher nur die wahren Stärken mit diesen Zahlen zu multipliciren und durch 1000 zu dividiren, um die Reichhaltigkeit zu finden.

Tafel IX.

Reduction der scheinbaren auf die wahre Stärke und Ermittelung der Reichhaltigkeit alkoholischer Flüssigkeiten. Nach Gay-Lussac.

Normaltemperatur 15° C. = 12° R.

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1,3 1000	2,4 1000	3,4 1000	4,4 1000	5,4 1000	6,5 1001	7,5 1001	8,6 1001	9,7 1001	10,9 1001
1										
2										
3										
4										
5	1,4 1001	2,5 1001	3,5 1001	4,5 1001	5,5 1001	6,6 1001	7,7 1001	8,7 1001	9,8 1001	10,9 1001
6										
7										
8										
9										
10	1,4 1000	2,4 1000	3,4 1001	4,5 1001	5,5 1001	6,5 1001	7,5 1001	8,5 1001	9,5 1001	10,6 1001
11	1,3 1000	2,4 1000	3,4 1000	4,4 1001	5,4 1001	6,4 1001	7,4 1001	8,4 1001	9,4 1001	10,5 1001
12	1,2 1000	2,3 1000	3,3 1000	4,3 1000	5,3 1000	6,3 1000	7,3 1000	8,3 1000	9,3 1000	10,4 1000
13	1,2 1000	2,2 1000	3,2 1000	4,2 1000	5,2 1000	6,2 1000	7,2 1000	8,2 1000	9,2 1000	10,3 1000
14	1,1 1000	2,1 1000	3,1 1000	4,1 1000	5,1 1000	6,1 1000	7,1 1000	8,1 1000	9,1 1000	10,2 1000
15	1 1000	2 1000	3 1000	4 1000	5 1000	6 1000	7 1000	8 1000	9 1000	10 1000
16	0,9 1000	1,9 1000	2,9 1000	3,9 1000	4,9 1000	5,9 1000	6,9 1000	7,9 1000	8,9 1000	9,9 1000
17	0,8 1000	1,8 1000	2,8 1000	3,8 1000	4,8 1000	5,8 1000	6,8 1000	7,8 1000	8,8 1000	9,8 1000
18	0,7 1000	1,7 1000	2,7 1000	3,7 1000	4,7 1000	5,7 1000	6,7 1000	7,7 1000	8,7 1000	9,7 1000
19	0,6 999	1,6 999	2,6 999	3,6 999	4,5 999	5,5 999	6,5 999	7,5 999	8,5 999	9,5 999
20	0,5 999	1,5 999	2,4 999	3,4 999	4,4 999	5,4 999	6,4 999	7,3 999	8,3 999	9,3 999
21	0,4 999	1,4 999	2,3 999	3,3 999	4,3 999	5,2 999	6,2 999	7,1 999	8,1 999	9,1 999
22	0,3 999	1,3 999	2,2 999	3,2 999	4,1 999	5,1 999	6,1 999	7 999	7,9 999	8,9 999
23	0,1 999	1,1 999	2,1 999	3,1 999	4 999	4,9 999	5,9 999	6,8 998	7,8 998	8,7 998
24		1 998	1,9 998	2,9 998	3,8 998	4,8 998	5,8 998	6,7 998	7,6 998	8,5 998
25		0,8 998	1,7 998	2,7 998	3,6 998	4,6 998	5,5 998	6,5 998	7,4 998	8,3 998
26		0,7 998	1,6 998	2,6 998	3,5 998	4,4 998	5,4 998	6,3 998	7,2 998	8,1 998
27		0,5 998	1,5 998	2,4 998	3,3 998	4,3 998	5,2 998	6,1 998	7 998	7,9 998
28		0,3 997	1,3 997	2,2 997	3,1 997	4,1 997	5 997	5,9 997	6,8 997	7,7 997
29		0,1 997	1,1 997	2 997	2,9 997	3,9 997	4,8 997	5,7 997	6,6 997	7,5 997
30		0,0 997	0,9 997	1,9 997	2,8 997	3,7 997	4,6 997	5,5 997	6,4 997	7,3 997

Tafel IX. (Fortsetzung.)

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	12,2 1001	13,4 1002	14,7 1002	16,1 1002	17,5 1002	18,9 1003	20,3 1003	21,6 1004	22,9 1004	24,2 1004
1		13,4 1002	14,7 1002	16 1002	17,3 1002	18,7 1003	20 1003	21,3 1003	22,6 1004	23,9 1004
2		13,4 1002	14,7 1002	16 1002	17,2 1002	18,5 1003	19,8 1003	21,1 1003	22,3 1004	23,6 1004
3		13,3 1001	14,6 1002	15,9 1002	17,1 1002	18,3 1002	19,6 1003	20,8 1003	22 1003	23,3 1004
4		13,3 1001	14,5 1002	15,8 1002	16,9 1002	18,1 1002	19,4 1002	20,6 1003	21,8 1003	23 1003
5	12,1 1001	13,2 1001	14,4 1001	15,7 1002	16,8 1002	18 1002	19,2 1002	20,4 1003	21,5 1003	22,7 1003
6		13,1 1001	14,3 1001	15,6 1002	16,7 1002	17,8 1002	19 1002	20,2 1003	21,3 1003	22,4 1003
7		13 1001	14,2 1001	15,4 1001	16,6 1002	17,7 1002	18,8 1002	20 1002	21 1002	22,1 1002
8		13 1001	14,1 1001	15,3 1001	16,4 1001	17,5 1001	18,6 1002	19,7 1002	20,7 1002	21,8 1002
9		12,9 1001	14 1001	15,1 1001	16,2 1001	17,3 1001	18,4 1001	19,5 1001	20,5 1002	21,6 1002
10	11,7 1001	12,7 1001	13,8 1001	14,9 1001	16 1001	17 1001	18,1 1001	19,2 1001	20,2 1001	21,3 1001
11	11,6 1001	12,6 1001	13,6 1001	14,7 1001	15,8 1001	16,8 1001	17,9 1001	19 1001	20 1001	21 1001
12	11,5 1000	12,5 1001	13,5 1001	14,6 1001	15,6 1001	16,6 1001	17,6 1001	18,7 1001	19,7 1001	20,7 1001
13	11,4 1000	12,4 1000	13,4 1000	14,4 1000	15,4 1000	16,4 1000	17,4 1000	18,5 1000	19,5 1000	20,5 1000
14	11,2 1000	12,2 1000	13,2 1000	14,2 1000	15,2 1000	16,2 1000	17,2 1000	18,2 1000	19,2 1000	20,2 1000
15	11 1000	12 1000	13 1000	14 1000	15 1000	16 1000	17 1000	18 1000	19 1000	20 1000
16	10,9 1000	11,9 1000	12,9 1000	13,9 1000	14,9 1000	15,9 1000	16,9 1000	17,8 1000	18,7 1000	19,7 1000
17	10,8 1000	11,7 1000	12,7 1000	13,7 1000	14,7 1000	15,6 1000	16,6 1000	17,5 1000	18,4 999	19,4 999
18	10,7 1000	11,6 1000	12,5 999	13,5 999	14,5 999	15,4 999	16,3 999	17,3 999	18,2 999	19,1 999
19	10,5 999	11,4 999	12,4 999	13,3 999	14,3 999	15,2 999	16,1 999	17 999	17,9 999	18,8 999
20	10,3 999	11,2 999	12,2 999	13,1 999	14 999	14,9 999	15,8 999	16,7 999	17,6 999	18,5 999
21	10,1 999	11 999	11,9 999	12,8 999	13,7 999	14,6 999	15,5 998	16,4 998	17,3 998	18,2 998
22	9,9 999	10,8 999	11,7 999	12,6 998	13,5 998	14,4 998	15,3 998	16,2 998	17 998	17,9 998
23	9,7 998	10,6 998	11,5 998	12,4 998	13,3 998	14,1 998	15 998	15,9 998	16,7 998	17,6 998
24	9,5 998	10,4 998	11,3 998	12,2 998	13,1 998	13,9 998	14,8 998	15,7 998	16,5 997	17,4 997
25	9,3 998	10,2 998	11,1 998	12 998	12,8 998	13,6 998	14,5 997	15,4 997	16,2 997	17,1 997
26	9 998	9,9 997	10,8 997	11,7 997	12,6 997	13,4 997	14,2 997	15,1 997	15,9 997	16,8 997
27	8,8 997	9,7 997	10,6 997	11,5 997	12,3 997	13,1 997	14 997	14,8 997	15,6 997	16,5 997
28	8,6 997	9,5 997	10,3 997	11,2 997	12 997	12,8 996	13,7 996	14,5 996	15,3 996	16,1 996
29	8,4 997	9,2 997	10,1 997	11 997	11,8 996	12,6 996	13,4 996	14,2 996	15 996	15,8 996
30	8,1 997	9 996	9,8 996	10,7 996	11,5 996	12,3 996	13,1 996	13,9 996	14,7 996	15,5 996

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	25,6 1005	27 1005	28,4 1006	29,7 1006	30,9 1007	32,1 1007	33,2 1007	34,3 1008	35,3 1008	36,3 1008
1	25,3 1005	26,7 1005	28 1005	29,2 1006	30,4 1006	31,6 1006	32,7 1007	33,8 1007	34,8 1007	35,8 1008
2	24,9 1004	26,3 1005	27,5 1005	28,8 1005	30 1006	31,2 1006	32,3 1006	33,3 1006	34,4 1007	35,4 1007
3	24,6 1004	25,9 1005	27,1 1005	28,4 1005	29,6 1005	30,8 1006	31,9 1006	32,9 1006	33,9 1007	34,9 1007
4	24,3 1004	25,6 1004	26,8 1005	28 1005	29,2 1005	30,4 1005	31,4 1005	32,5 1005	33,5 1006	34,5 1006
5	24 1003	25,2 1003	26,4 1004	27,6 1004	28,8 1004	30 1004	31 1005	32,1 1005	33,1 1005	34,1 1005
6	23,6 1003	24,9 1003	26 1004	27,2 1004	28,4 1004	29,6 1004	30,6 1005	31,6 1005	32,6 1005	33,6 1005
7	23,3 1002	24,6 1003	25,7 1003	26,9 1003	28 1003	29,2 1003	30,2 1004	31,2 1004	32,2 1004	33,2 1004
8	23 1002	24,2 1002	25,3 1003	26,5 1003	27,6 1003	28,8 1003	29,8 1003	30,8 1003	31,8 1003	32,8 1003
9	22,7 1002	23,9 1002	25 1002	26,1 1002	27,2 1002	28,4 1003	29,4 1003	30,4 1003	31,4 1003	32,4 1003
10	22,4 1001	23,5 1002	24,6 1002	25,7 1002	26,8 1002	27,9 1002	29 1002	30 1002	31 1002	32 1002
11	22,1 1001	23,2 1001	24,3 1001	25,4 1001	26,5 1002	27,6 1002	28,6 1002	29,6 1002	30,6 1002	31,6 1002
12	21,8 1001	22,9 1001	24 1001	25,1 1001	26,1 1001	27,2 1001	28,2 1001	29,2 1001	30,2 1001	31,2 1001
13	21,5 1001	22,6 1001	23,6 1001	24,7 1001	25,7 1001	26,8 1001	27,8 1001	28,8 1001	29,8 1001	30,8 1001
14	21,2 1000	22,3 1000	23,3 1000	24,3 1000	25,3 1000	26,4 1000	27,4 1000	28,4 1000	29,4 1000	30,4 1000
15	21 1000	22 1000	23 1000	24 1000	25 1000	26 1000	27 1000	28 1000	29 1000	30 1000
16	20,7 1000	21,7 1000	22,7 1000	23,7 1000	24,7 1000	25,7 1000	26,6 1000	27,6 1000	28,6 1000	29,6 1000
17	20,4 999	21,4 999	22,4 999	23,4 999	24,4 999	25,4 999	26,3 999	27,3 999	28,2 999	29,2 999
18	20,1 999	21,1 999	22 999	23 999	24 999	25 999	25,9 999	26,9 999	27,8 999	28,8 999
19	19,8 999	20,8 999	21,7 999	22,7 999	23,6 999	24,6 998	25,5 998	26,5 998	27,4 998	28,4 998
20	19,5 999	20,5 998	21,4 998	22,4 998	23,3 998	24,3 998	25,2 998	26,1 998	27,1 998	28 998
21	19,1 998	20,1 998	21,1 998	22,1 998	23 998	23,9 998	24,8 998	25,7 998	26,7 997	27,6 997
22	18,8 998	19,8 998	20,7 998	21,7 997	22,6 997	23,6 997	24,4 997	25,3 997	26,3 997	27,2 997
23	18,5 998	19,5 997	20,4 997	21,4 997	22,3 997	23,2 997	24,1 997	25 997	25,9 997	26,8 997
24	18,3 997	19,2 997	20,1 997	21,1 997	21,9 997	22,8 997	23,7 997	24,6 996	25,5 996	26,4 996
25	18 997	18,9 997	19,8 997	20,7 997	21,6 996	22,5 996	23,3 996	24,3 996	25,2 996	26,1 996
26	17,7 997	18,6 996	19,5 996	20,4 996	21,3 996	22,2 996	23 996	23,9 996	24,8 995	25,7 995
27	17,4 996	18,3 996	19,2 996	20,1 996	20,9 996	21,8 996	22,7 996	23,6 996	24,4 995	25,3 995
28	17 996	18 996	18,9 996	19,7 995	20,6 995	21,5 995	22,3 995	23,2 995	24 995	24,9 994
29	16,7 996	17,6 996	18,5 995	19,4 995	20,3 995	21,1 995	21,9 995	22,8 994	23,7 994	24,5 994
30	16,4 995	17,3 995	18,2 995	19,1 995	19,9 995	20,8 994	21,6 994	22,5 994	23,3 994	24,2 994

Tafel IX. (Fortsetzung.)

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0	37,3 1009	38,3 1009	39,2 1009	40,2 1009	41,1 1009	42,1 1010	43,1 1010	44 1010	45 1010	45,9 1011
1	36,8 1008	37,8 1008	38,8 1008	39,8 1008	40,8 1009	41,8 1009	42,7 1009	43,7 1009	44,6 1010	45,5 1010
2	36,4 1007	37,4 1007	38,4 1008	39,4 1008	40,4 1008	41,4 1008	42,3 1008	43,3 1009	44,2 1009	45,1 1009
3	36 1007	37 1007	38 1007	39 1007	40 1007	41 1008	42 1008	42,9 1008	43,9 1008	44,8 1008
4	35,5 1006	36,5 1006	37,5 1006	38,5 1007	39,5 1007	40,5 1007	41,5 1007	42,5 1107	43,5 1007	44,4 1008
5	35,1 1005	36,1 1006	37,1 1006	38,1 1006	39,1 1006	40,1 1006	41,1 1007	42,1 1007	43,1 1007	44 1007
6	34,7 1005	35,7 1005	36,7 1005	37,7 1005	38,7 1005	39,7 1006	40,7 1006	41 1006	42,6 1006	43,6 1006
7	34,2 1004	35,2 1004	36,2 1004	37,2 1005	38,2 1005	39,2 1005	4,02 1005	41,2 1005	42,2 1005	43,2 1005
8	33,8 1004	34,8 1004	35,8 1004	36,8 1004	37,8 1004	38,8 1004	39,8 1004	40,8 1004	41,8 1004	42,8 1005
9	33,4 1003	34,4 1003	35,4 1003	36,4 1003	37,4 1004	38,4 1004	39,4 1004	40,4 1004	41,4 1004	42,4 1004
10	33 1002	34 1002	35 1003	36 1003	37 1003	38 1003	39 1003	40 1003	41 1003	42 1003
11	32,6 1002	33,6 1002	34,6 1002	35,6 1002	36,6 1002	37,6 1002	38,6 1002	39,6 1002	40,6 1003	41,6 1003
12	32,2 1001	33,2 1001	34,2 1002	35,2 1002	36,2 1002	37,2 1002	38,2 1002	39,2 1002	40,2 1002	41,2 1002
13	31,8 1001	32,8 1001	33,8 1001	34,8 1001	35,8 1001	36,8 1001	37,8 1001	38,8 1001	39,8 1001	40,8 1001
14	31,4 1000	32,4 1000	33,4 1001	34,4 1001	35,4 1001	36,4 1001	37,4 1001	38,4 1001	39,4 1001	40,4 1001
15	31 1000	32 1000	33 1000	34 1000	35 1000	36 1000	37 1000	38 1000	39 1000	40 1000
16	30,6 1000	31,6 1000	32,5 999	33,5 999	34,5 999	35,5 999	36,5 999	37,5 999	38,5 999	39,5 999
17	30,2 999	31,2 999	32,1 999	33,1 999	34,1 999	35,1 999	36,1 999	37,1 999	38,1 999	39,1 999
18	29,8 999	30,8 999	31,7 998	32,7 998	33,7 998	34,7 998	35,7 998	36,7 998	37,7 998	38,7 998
19	29,4 998	30,4 998	31,3 998	32,3 998	33,3 998	34,3 998	35,3 998	36,3 998	37,3 997	38,3 997
20	29 998	30 998	30,9 997	31,9 997	32,9 997	33,9 997	34,9 997	35,9 997	36,9 997	37,9 997
21	28,6 997	29,6 997	30,5 997	31,5 997	32,5 997	33,5 997	34,5 997	35,5 996	36,5 996	37,5 996
22	28,2 997	29,2 997	30,1 996	31,1 996	32,1 996	33,1 996	34,1 996	35,1 996	36,1 996	37,1 996
23	27,8 996	28,8 996	29,7 996	30,7 996	31,7 996	32,7 996	33,7 996	34,7 995	35,7 995	36,7 995
24	27,4 996	28,4 996	29,3 995	30,3 995	31,3 995	32,3 995	33,3 995	34,3 995	35,3 995	36,3 994
25	27 995	28 995	28,9 995	29,9 995	30,9 995	31,9 994	32,9 994	33,9 994	34,9 994	35,9 994
26	26,6 995	27,6 995	28,5 995	29,5 994	30,5 994	31,5 994	32,5 994	33,5 994	34,5 993	35,5 993
27	26,2 995	27,2 994	28,1 994	29,1 994	30,1 994	31,1 993	32,1 993	33,1 993	34,1 993	35,1 993
28	25,8 994	26,8 994	27,7 994	28,7 993	29,7 993	30,7 993	31,7 993	32,7 993	33,7 992	34,7 992
29	25,4 994	26,4 993	27,3 993	28,3 993	29,3 993	30,3 992	31,3 992	32,3 992	33,3 992	34,3 992
30	25,1 993	26 993	26,9 993	27,9 993	28,9 992	29,9 992	30,9 992	31,9 991	32,9 991	33,9 991

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	46,9 1011	47,9 1011	48,8 1011	49,8 1011	50,7 1011	51,7 1011	52,6 1012	53,5 1012	54,5 1012	55,4 1012
1	46,5 1010	47,5 1010	48,4 1010	49,4 1010	50,3 1010	51,3 1011	52,2 1011	53,2 1011	54,2 1011	55,1 1011
2	46,1 1009	47,1 1009	48,1 1009	49 1009	49,9 1010	50,9 1010	51,8 1010	52,8 1010	53,8 1010	54,7 1010
3	45,8 1008	46,7 1009	47,7 1009	48,6 1009	49,6 1009	50,5 1009	51,5 1009	52,4 1009	53,4 1009	54,3 1009
4	45,4 1008	46,4 1008	47,4 1008	48,3 1008	49,2 1008	50,2 1008	51,1 1008	52,1 1008	53 1008	54 1009
5	45 1007	45,9 1007	46,9 1007	47,9 1007	48,8 1007	49,8 1007	50,7 1007	51,7 1008	52,7 1008	53,6 1008
6	44,6 1006	45,5 1006	46,5 1006	47,5 1007	48,4 1007	49,4 1007	50,4 1007	51,4 1007	52,4 1007	53,3 1007
7	44,2 1005	45,1 1006	46,1 1006	47,1 1006	48,1 1006	49,1 1006	50,1 1006	51 1006	52 1006	52,9 1006
8	43,8 1005	44,8 1005	45,8 1005	46,8 1005	47,7 1005	48,7 1005	49,7 1005	50,6 1005	51,6 1005	52,6 1005
9	43,4 1004	44,4 1004	45,4 1004	46,4 1004	47,3 1004	48,3 1004	49,3 1005	50,2 1005	51,2 1005	52,2 1005
10	43 1003	44 1004	45 1004	46 1004	46,9 1004	47,9 1004	48,9 1004	49,9 1004	50,9 1004	51,8 1004
11	42,6 1003	43,6 1003	44,6 1003	45,6 1003	46,6 1003	47,6 1003	48,6 1003	49,5 1003	50,5 1003	51,5 1003
12	42,2 1002	43,2 1002	44,2 1002	45,2 1002	46,2 1002	47,2 1002	48,2 1002	49,2 1002	50,2 1002	51,1 1002
13	41,8 1001	42,8 1001	43,8 1001	44,8 1002	45,8 1002	46,8 1002	47,8 1002	48,8 1002	49,8 1002	50,8 1002
14	41,4 1001	42,4 1001	43,4 1001	44,4 1001	45,4 1001	46,4 1001	47,4 1001	48,4 1001	49,4 1001	50,4 1001
15	41 1000	42 1000	43 1000	44 1000	45 1000	46 1000	47 1000	48 1000	49 1000	50 1000
16	40,6 999	41,6 999	42,6 999	43,6 999	44,6 999	45,6 999	46,6 999	47,6 999	48,6 999	49,6 999
17	40,2 999	41,2 999	42,2 999	43,2 998	44,2 998	45,2 998	46,2 998	47,2 998	48,3 998	49,3 998
18	39,8 998	40,8 998	41,8 998	42,8 998	43,8 998	44,9 998	45,9 998	46,9 998	47,9 998	48,9 998
19	39,4 997	40,4 997	41,4 997	42,5 997	43,5 997	44,5 997	45,5 997	46,5 997	47,5 997	48,5 997
20	39 997	40 997	41 997	42,1 997	43,1 996	44,1 996	45,1 996	46,1 996	47,2 996	48,2 996
21	38,6 996	39,6 996	40,6 996	41,7 996	42,7 996	43,7 996	44,8 996	45,8 996	46,8 995	47,8 995
22	38,2 996	39,2 995	40,2 995	41,3 995	42,3 995	43,3 995	44,3 995	45,3 995	46,4 995	47,4 995
23	37,8 995	38,8 995	39,8 995	40,9 994	41,9 994	42,9 994	43,9 994	44,9 994	46 994	47 994
24	37,4 994	38,4 994	39,4 994	40,5 994	41,5 994	42,5 994	43,6 994	44,6 994	45,6 993	46,6 993
25	37 994	38 994	39 993	40,1 993	41,1 993	42,2 993	43,2 993	44,2 993	45,2 993	46,3 993
26	36,5 993	37,6 993	38,6 993	39,7 993	40,7 992	41,8 992	42,8 992	43,8 992	44,9 992	45,9 992
27	36,1 992	37,2 992	38,2 992	39,3 992	40,3 992	41,4 992	42,4 992	43,4 991	44,5 991	45,5 991
28	35,7 992	36,8 992	37,8 992	38,9 991	39,9 991	41 991	42 991	43 991	44,1 991	45,1 990
29	35,3 991	36,3 991	37,4 991	38,5 991	39,5 991	40,6 990	41,6 990	42,6 990	43,7 990	44,7 990
30	34,9 991	35,9 991	37 990	38,1 990	39,1 990	40,2 990	41,2 990	42,3 989	43,3 989	44,3 989

Tafel IX. (Fortsetzung.)

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
0	56,4 1012	57,3 1012	58,3 1012	59,2 1012	60,2 1012	61,2 1012	62,1 1012	63,1 1013	64,1 1013	65 1013
1	56 1011	57 1011	57,9 1011	58,9 1011	59,9 1011	60,9 1011	61,8 1011	62,8 1012	63,8 1012	64,7 1012
2	55,7 1010	56,6 1010	57,6 1010	58,5 1010	59,5 1010	60,5 1011	61,5 1011	62,4 1011	63,4 1011	64,4 1011
3	55,3 1009	56,3 1009	57,2 1009	58,2 1010	59,2 1010	60,2 1010	61,1 1010	62,1 1010	63,1 1010	64,1 1010
4	55 1009	56 1009	56,9 1009	57,9 1009	58,9 1009	59,8 1009	60,8 1009	61,7 1009	62,7 1009	63,7 1009
5	54,6 1008	55,6 1008	56,6 1008	57,5 1008	58,5 1008	59,5 1008	60,4 1008	61,4 1008	62,4 1008	63,4 1008
6	54,3 1007	55,2 1007	56,2 1007	57,1 1007	58,1 1007	59,1 1007	60,1 1007	61 1008	62 1008	63 1008
7	53,9 1006	54,9 1006	55,9 1006	56,8 1006	57,8 1006	58,8 1006	59,8 1007	60,7 1007	61,7 1007	62,7 1007
8	53,6 1005	54,6 1005	55,5 1006	56,5 1006	57,5 1006	58,5 1006	59,5 1006	60,4 1006	61,4 1006	62,4 1006
9	53,2 1005	54,2 1005	55,1 1005	56,1 1005	57,1 1005	58,1 1005	59,1 1005	60 1005	61 1005	62 1005
10	52,8 1004	53,8 1004	54,8 1004	55,8 1004	56,8 1004	57,8 1004	58,8 1004	59,7 1004	60,7 1004	61,7 1004
11	52,5 1003	53,5 1003	54,4 1003	55,4 1003	56,4 1003	57,4 1003	58,4 1003	59,4 1003	60,4 1003	61,4 1003
12	52,1 1002	53,1 1002	54,1 1002	55 1002	56 1002	57 1002	58 1002	59 1002	60 1002	61 1002
13	51,8 1002	52,7 1002	53,7 1002	54,7 1002	55,7 1002	56,7 1002	57,7 1002	58,7 1002	59,7 1002	60,7 1002
14	51,4 1001	52,3 1001	53,3 1001	54,3 1001	55,3 1001	56,3 1001	57,3 1001	58,3 1001	59,3 1001	60,3 1001
15	51 1000	52 1000	53 1000	54 1000	55 1000	56 1000	57 1000	58 1000	59 1000	60 1000
16	50,6 999	51,6 999	52,6 999	53,6 999	54,6 999	55,6 999	56,6 999	57,6 999	58,6 999	59,6 999
17	50,3 998	51,3 998	52,3 998	53,3 998	54,3 998	55,3 998	56,3 998	57,3 998	58,3 998	59,3 998
18	49,9 998	50,9 998	51,9 998	52,9 998	53,9 998	54,9 998	55,9 998	56,9 997	57,9 997	58,9 997
19	49,5 997	50,6 997	51,6 997	52,6 997	53,6 997	54,6 997	55,6 997	56,6 997	57,6 997	58,6 997
20	49,2 996	50,2 996	51,2 996	52,2 996	53,2 996	54,2 996	55,2 996	56,2 996	57,2 996	58,2 996
21	48,8 995	49,8 995	50,8 995	51,8 995	52,9 995	53,9 995	54,9 995	55,9 995	56,9 995	57,9 995
22	48,4 995	49,4 995	50,4 995	51,4 994	52,5 994	53,5 994	54,5 994	55,5 994	56,5 994	57,5 994
23	48 994	49,1 994	50,1 994	51,1 994	52,1 994	53,1 994	54,1 993	55,1 993	56,1 993	57,1 993
24	47,6 993	48,7 993	49,7 993	50,7 993	51,8 993	52,8 993	53,8 993	54,8 993	55,8 993	56,8 992
25	47,3 993	48,3 993	49,3 993	50,3 992	51,4 992	52,4 992	53,4 992	54,4 992	55,5 992	56,5 992
26	46,9 992	47,9 992	49 992	50 991	51 991	52 991	53 991	54 991	55,1 991	56,1 991
27	46,5 991	47,6 991	48,6 991	49,6 991	50,7 990	51,7 990	52,7 990	53,7 990	54,8 990	55,8 990
28	46,1 990	47,2 990	48,2 990	49,2 990	50,3 990	51,3 990	52,3 990	53,3 989	54,4 989	55,4 989
29	45,7 990	46,8 989	47,8 989	48,9 989	49,9 989	51 989	52 989	53 989	54 989	55 988
30	45,4 989	46,4 989	47,5 989	48,5 988	49,6 988	50,6 988	51,6 988	52,6 988	53,6 988	54,7 988

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
0	66 1013	67 1013	68 1013	68,9 1013	69,9 1013	70,8 1013	71,8 1013	72,7 1013	73,7 1014	74,7 1014
1	65,7 1012	66,7 1012	67,7 1012	68,6 1012	69,6 1012	70,5 1012	71,5 1012	72,4 1012	73,4 1013	74,3 1013
2	65,3 1011	66,3 1011	67,3 1011	68,3 1011	69,3 1011	70,2 1011	71,2 1011	72,1 1012	73,1 1012	74 1012
3	65 1010	66 1010	67 1010	68 1010	68,9 1010	69,9 1011	70,8 1011	71,8 1011	72,8 1011	73,7 1011
4	64,7 1009	65,7 1009	66,6 1009	67,6 1010	68,6 1010	69,5 1010	70,5 1010	71,5 1010	72,5 1010	73,4 1010
5	64,3 1009	65,3 1009	66,3 1009	67,3 1009	68,3 1009	69,2 1009	70,2 1009	71,2 1009	72,2 1009	73,1 1009
6	64 1008	65 1008	66 1008	67 1008	68 1008	68,9 1008	69,9 1008	70,9 1008	71,9 1008	72,8 1008
7	63,7 1007	64,7 1007	65,7 1007	66,7 1007	67,6 1007	68,6 1007	69,6 1007	70,6 1007	71,5 1007	72,5 1007
8	63,4 1006	64,4 1006	65,4 1006	66,4 1006	67,3 1006	68,3 1006	69,3 1006	70,2 1006	71,2 1006	72,2 1006
9	63 1005	64 1005	65 1005	66 1005	67 1005	67,9 1005	68,9 1005	69,9 1005	70,9 1005	71,9 1005
10	62,7 1004	63,7 1004	64,7 1004	65,7 1004	66,7 1004	67,6 1004	68,6 1004	69,6 1004	70,6 1004	71,6 1004
11	62,4 1003	63,4 1003	64,4 1003	65,4 1003	66,4 1003	67,3 1003	68,3 1003	69,3 1004	70,3 1004	71,3 1004
12	62 1002	63 1002	64 1002	65 1002	66 1002	67 1002	68 1003	69 1003	70 1003	71 1003
13	61,7 1002	62,7 1002	63,7 1002	64,7 1002	65,7 1002	66,7 1002	67,7 1002	68,7 1002	69,6 1002	70,6 1002
14	61,3 1001	62,3 1001	63,3 1001	64,3 1001	65,3 1001	66,3 1001	67,3 1001	68,3 1001	69,3 1001	70,3 1001
15	61 1000	62 1000	63 1000	64 1000	65 1000	66 1000	67 1000	68 1000	69 1000	70 1000
16	60,6 999	61,7 999	62,7 999	63,7 999	64,7 999	65,7 999	66,7 999	67,7 999	68,7 999	69,7 999
17	60,3 998	61,3 998	62,3 998	63,3 998	64,3 998	65,3 998	66,3 998	67,3 998	68,3 998	69,3 998
18	59,9 997	61 997	62 997	63 997	64 997	65 997	66 997	67 997	68 997	69 997
19	59,6 997	60,6 997	61,6 997	62,7 997	63,7 997	64,7 997	65,7 997	66,7 997	67,7 996	68,7 996
20	59,2 996	60,3 996	61,3 996	62,3 996	63,3 996	64,3 996	65,4 996	66,4 996	67,4 996	68,4 996
21	58,9 995	59,9 995	61 995	62 995	63 995	64 995	65 995	66 995	67 995	68,1 995
22	58,5 994	59,5 994	60,6 994	61,6 994	62,7 994	63,7 994	64,7 994	65,7 994	66,7 994	67,8 994
23	58,1 993	59,2 993	60,2 993	61,3 993	62,3 993	63,3 993	64,3 993	65,4 993	66,4 993	67,4 993
24	57,8 992	58,9 992	59,9 992	61 992	62 992	63 992	64 992	65 992	66 992	67,1 992
25	57,5 992	58,5 992	59,5 992	60,6 991	61,6 991	62,6 991	63,7 991	64,7 991	65,7 991	66,7 991
26	57,1 991	58,1 991	59,2 991	60,2 991	61,3 990	62,3 990	63,3 990	64,3 990	65.3 990	66,4 990
27	56,8 990	57,8 990	58,9 990	59,9 990	60,9 990	61,9 990	63 989	64 989	65 989	66 989
28	56,4 989	57,5 989	58,5 989	59,5 989	60,6 989	61,6 989	62,6 989	63,7 989	64,7 989	65,7 989
29	56 988	57,1 988	58,1 988	59,2 988	60.2 988	61,2 988	62,3 988	63,3 988	64,3 988	65,4 988
30	55,7 988	56,7 987	57,8 987	58,8 987	59,9 987	60,9 987	61,9 987	63 987	64 987	65 987

Tafel IX. (Fortsetzung.)

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
0	75,6 1014	76,6 1014	77,6 1014	78,6 1014	79,5 1014	80,5 1014	81,5 1014	82,4 1014	83,3 1014	84,3 1014
1	75,3 1013	76,3 1013	77,3 1013	78,3 1013	79,2 1013	80,2 1013	81,2 1013	82,1 1013	83,1 1013	84 1013
2	75 1012	76 1012	77 1012	78 1012	78,9 1012	79,9 1012	80,9 1012	81,9 1012	82,8 1012	83,7 1012
3	74,7 1011	75,7 1011	76,7 1011	77,7 1011	78,6 1011	79,6 1011	80,6 1011	81,6 1011	82,5 1011	83,5 1011
4	74,4 1010	75,3 1010	76,3 1010	77,3 1010	78,3 1010	79,3 1010	80,3 1010	81,3 1010	82,2 1010	83,2 1010
5	74,1 1009	75 1009	76 1009	77 1009	78 1009	79 1009	80 1009	81 1009	81,9 1010	82,9 1010
6	73,8 1008	74,7 1008	75,7 1008	76,7 1008	77,7 1008	78,7 1008	79,7 1008	80,7 1008	81,6 1008	82,6 1009
7	73,5 1007	74,4 1007	75,4 1007	76,4 1007	77,4 1007	78,4 1007	79,4 1007	80,4 1007	81,4 1007	82,3 1008
8	73,2 1006	74,1 1006	75,1 1006	76,1 1006	77,1 1006	78,1 1006	79,1 1007	80,1 1007	81,1 1007	82 1007
9	72,9 1005	73,8 1005	74,8 1005	75,8 1005	76,8 1005	77,8 1005	78,8 1006	79,8 1006	80,8 1006	81,7 1006
10	72,6 1004	73,5 1004	74,5 1005	75,5 1005	76,5 1005	77,5 1005	78,5 1005	79,5 1005	80,5 1005	81,5 1005
11	72,3 1004	73,2 1004	74,2 1004	75,2 1004	76,2 1004	77,2 1004	78,2 1004	79,2 1004	80,2 1004	81,2 1004
12	72 1003	72,9 1003	73,9 1003	74,9 1003	75,9 1003	76,9 1003	77,9 1003	78,9 1003	79,9 1003	80,9 1003
13	71,6 1002	72,6 1002	73,6 1002	74,6 1002	75,6 1002	76,6 1002	77,6 1002	78,6 1002	79,6 1002	80,6 1002
14	71,3 1001	72,3 1001	73,3 1001	74,3 1001	75,3 1001	76,3 1001	77,3 1001	78,3 1001	79,3 1001	80,3 1001
15	71 1000	72 1000	73 1000	74 1000	75 1000	76 1000	77 1000	78 1000	79 1000	80 1000
16	70,7 999	71,7 999	72,7 999	73,7 999	74,7 999	75,7 999	76,7 999	77,7 999	78,7 999	79,7 999
17	70,3 998	71,3 998	72,3 998	73,3 998	74,3 998	75,4 998	76,4 998	77,4 998	78,4 998	79,4 998
18	70 997	71 997	72 997	73 997	74 997	75,1 997	76,1 997	77,1 997	78,1 997	79,1 997
19	69,7 996	70,7 996	71,7 996	72,7 996	73,7 996	74,7 996	75,8 996	76,8 996	77,8 996	78,8 996
20	69,4 996	70,4 996	71,4 995	72,4 995	73,4 995	74,4 995	75,5 995	76,5 995	77,5 995	78,5 995
21	69,1 995	70,1 995	71,1 995	72,1 994	73,1 994	74,1 994	75,2 994	76,2 994	77,2 994	78,2 994
22	68,8 994	69,8 994	70,8 994	71,8 994	72,8 993	73,8 993	74,8 993	75,9 993	76,9 993	77,9 993
23	68,4 993	69,4 993	70,5 993	71,5 993	72,5 992	73,5 992	74,5 992	75,5 992	76,6 992	77,6 992
24	68,1 992	69,1 992	70,1 992	71,2 992	72,2 992	73,2 992	74,2 992	75,2 991	76,3 991	77,3 991
25	67,8 991	68,8 991	69,8 991	70,8 991	71,8 991	72,8 991	73,9 991	74,9 991	76 991	77 991
26	67,4 990	68,4 990	69,5 990	70,5 990	71,5 990	72,5 990	73,6 990	74,6 990	75,6 990	76,7 990
27	67,1 989	68,1 989	69,2 989	70,2 989	71,2 989	72,2 989	73,2 989	74,3 989	75,3 989	76,3 989
28	66,8 988	67,8 988	68,8 988	69,9 988	70,9 988	71,9 988	73 988	74 988	75 988	76 988
29	66,4 988	67,4 987	68,5 987	69,5 987	70,6 987	71,6 987	72,6 987	73,7 987	74,7 987	75,7 987
30	66,1 987	67,1 987	68,2 986	69,2 986	70,3 986	71,3 986	72,3 986	73,3 986	74,4 986	75,4 986

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
0	85,2 1014	86,2 1014	87,1 1014	88 1014	88,9 1014	89,9 1015	90,8 1015	91,7 1015	92,6 1015	93,6 1015
1	85 1013	85,9 1013	86,8 1013	87,8 1013	88,7 1013	89,6 1014	90,5 1014	91,5 1014	92,4 1014	93,3 1014
2	84,7 1012	85,6 1012	86,6 1012	87,5 1012	88,5 1012	89,4 1013	90,3 1013	91,2 1013	92,2 1013	93,1 1013
3	84,4 1011	85,4 1011	86,3 1011	87,3 1011	88,2 1011	89,2 1012	90,1 1012	91 1012	91,9 1012	92,9 1012
4	84,2 1011	85,1 1011	86,1 1011	87 1011	87,9 1011	88,9 1011	89,8 1011	90,8 1011	91,7 1011	92,7 1011
5	83,9 1010	84,8 1010	85,8 1010	86,7 1010	87,7 1010	88,6 1010	89,6 1010	90,5 1010	91,5 1010	92,4 1010
6	83,6 1009	84,5 1009	85,5 1009	86,5 1009	87,4 1009	88,4 1009	89,3 1009	90,2 1009	91,2 1009	92,2 1009
7	83,3 1008	84,2 1008	85,2 1008	86,2 1008	87,2 1008	88,1 1008	89,1 1008	90 1008	91 1008	91,9 1008
8	83 1007	84 1007	85 1007	85,9 1007	86,9 1007	87,9 1007	88,8 1007	89,8 1007	90,7 1007	91,7 1007
9	82,7 1006	83,7 1006	84,7 1006	85,7 1006	86,6 1006	87,6 1006	88,6 1006	89,5 1006	90,5 1006	91,5 1006
10	82,4 1005	83,4 1005	84,4 1005	85,4 1005	86,4 1005	87,4 1005	88,3 1005	89,3 1005	90,2 1005	91,2 1005
11	82,2 1004	83,1 1004	84,1 1004	85,1 1004	86,1 1004	87,1 1004	88 1004	89 1004	90 1004	91 1004
12	81,9 1003	82,9 1003	83,9 1003	84,8 1003	85,8 1003	86,8 1003	87,8 1003	88,7 1003	89,7 1003	90,7 1003
13	81,6 1002	82,6 1002	83,6 1002	84,6 1002	85,5 1002	86,5 1002	87,5 1002	88,5 1002	89,5 1002	90,5 1002
14	81,3 1001	82,3 1001	83,3 1001	84,3 1001	85,3 1001	86,3 1001	87,3 1001	88,2 1001	89,2 1001	90,2 1001
15	81 1000	82 1000	83 1000	84 1000	85 1000	86 1000	87 1000	88 1000	89 1000	90 1000
16	80,7 999	81,7 999	82,7 999	83,7 999	84,7 999	85,7 999	86,7 999	87,7 999	88,7 999	89,7 999
17	80,4 998	81,4 998	82,4 998	83,4 998	84,4 998	85,4 998	86,4 998	87,4 998	88,4 998	89,5 998
18	80,1 997	81,1 997	82,1 997	83,1 997	84,1 997	85,2 997	86,2 997	87,2 997	88,2 997	89,2 997
19	79,8 996	80,8 996	81,9 996	82,9 996	83,9 996	84,9 996	85,9 996	86,9 996	87,9 996	88,9 996
20	79,5 995	80,5 995	81,6 995	82,6 995	83,6 995	84,6 995	85,6 995	86,6 995	87,7 995	88,7 995
21	79,2 994	80,2 994	81,3 994	82,3 994	83,3 994	84,3 994	85,3 994	86,4 994	87,4 994	88,4 994
22	78,9 993	79,9 993	81 993	82 993	83 993	84 993	85 993	86,1 993	87,1 993	88,2 993
23	78,6 992	79,6 992	80,7 992	81,7 992	82,7 992	83,8 992	84,8 992	85,8 992	86,8 992	87,9 992
24	78,3 991	79,3 991	80,4 991	81,4 991	82,4 991	83,5 991	84,5 991	85,5 991	86,5 991	87,6 991
25	78 990	79 990	80,1 990	81,1 990	82,1 990	83,2 990	84,2 990	85,2 990	86,3 990	87,4 990
26	77,7 990	78,7 989	79,8 989	80,8 989	81,8 989	82,9 989	83,9 989	84,9 989	86 989	87,1 989
27	77,4 989	78,4 988	79,5 988	80,5 988	81,5 988	82,6 988	83,6 988	84,7 988	85,7 988	86,8 988
28	77,1 988	78,1 988	79,2 987	80,2 987	81,2 987	82,3 987	83,3 987	84,4 987	85,4 987	86,5 987
29	76,7 987	77,8 987	78,9 987	79,9 986	80,9 986	82 986	83 986	84,1 986	85,1 986	86,2 986
30	76,4 986	77,7 986	78,6 986	79,6 986	80,6 985	81,7 985	82,7 985	83,8 985	84,9 985	86 985

Tafel IX. (Schluß.)

Temperatur.	Mittelst des Alkoholometers gefundener Procentgehalt.									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
0	94,5 1015	95,3 1015	96,2 1015	97,1 1015	98 1015	98,8 1015	99,7 1016			
1	94,3 1014	95,1 1014	96 1014	96,9 1014	97,8 1014	98,6 1014	99,5 1015			
2	94 1013	94,9 1013	95,8 1013	96,7 1013	97,6 1013	98,5 1013	99,3 1014			
3	93,8 1012	94,7 1012	95,6 1012	96,5 1012	97,4 1012	98,3 1012	99,2 1012	1012		
4	93,6 1011	94,5 1011	95,4 1011	96,3 1011	97,2 1011	98,1 1011	99 1011	99,9 1011		
5	93,4 1010	94,3 1010	95,2 1010	96,1 1010	97 1010	97,9 1010	98,8 1010	99,7 1010		
6	93,1 1009	94,1 1009	95 1009	95,9 1009	96,8 1009	97,8 1009	98,7 1009	99,6 1009		
7	92,9 1008	93,9 1008	94,8 1008	95,7 1008	96,6 1008	97,6 1008	98,5 1008	99,4 1008		
8	92,7 1007	93,6 1007	94,6 1007	95,5 1007	96,4 1007	97,4 1007	98,3 1007	99,2 1007	1007	
9	92,5 1006	93,4 1006	94,4 1006	95,3 1006	96,2 1006	97,2 1006	98,1 1006	99,1 1006	100 1006	
10	92,2 1005	93,2 1005	94,2 1005	95,1 1005	96 1005	97 1005	98 1005	98,9 1005	99,9 1005	
11	92 1004	92,9 1004	93,9 1004	94,9 1004	95,8 1004	96,8 1004	97,8 1004	98,7 1004	99,7 1004	
12	91,7 1003	92,7 1003	93,7 1003	94,7 1003	95,6 1003	96,6 1003	97,6 1003	98,5 1003	99,5 1003	
13	91,5 1002	92,5 1002	93,5 1002	94,4 1002	95,4 1002	96,4 1002	97,4 1002	98,4 1002	99,3 1002	
14	91,2 1001	92,2 1001	93,2 1001	94,2 1001	95,2 1001	96,2 1001	97,2 1001	98,2 1001	99,2 1001	
15	91 1000	92 1000	93 1000	94 1000	95 1000	96 1000	97 1000	98 1000	99 1000	100 1000
16	90,8 999	91,8 999	92,8 999	93,8 999	94,8 999	95,8 999	96,8 999	97,8 999	98,8 999	99,8 999
17	90,5 998	91,5 998	92,6 998	93,6 998	94,6 998	95,6 998	96,6 998	97,6 998	98,7 998	99,7 998
18	90,2 997	91,3 997	92,3 997	93,3 997	94,3 997	95,4 997	96,5 997	97,4 997	98,5 997	99,5 997
19	90 996	91,1 996	92,1 996	93,1 996	94,1 996	95,2 996	96,2 996	97,3 996	98,3 996	99,3 996
20	89,7 995	90,8 995	91,8 995	92,9 995	93,9 995	95 995	96 995	97,1 995	98,1 995	99,1 995
21	89,5 994	90,5 994	91,6 994	92,6 994	93,7 994	94,7 994	95,8 994	96,9 994	97,9 994	99 994
22	89,2 993	90,2 993	91,3 993	92,4 993	93,4 993	94,5 993	95,6 993	96,7 993	97,7 993	98,8 993
23	89 992	90 992	91,1 992	92,1 992	93,2 992	94,3 992	95,4 992	96,5 992	97,5 992	98,6 992
24	88,7 991	89,7 991	90,8 991	91,9 991	93 991	94,1 991	95,2 991	96,2 991	97,3 991	98,4 991
25	88,4 990	89,5 990	90,6 990	91,6 990	92,7 990	93,8 990	94,9 990	96 990	97,1 990	98,2 990
26	88,2 989	89,2 989	90,3 989	91,4 989	92,5 989	93,6 989	94,7 989	95,8 989	96,9 989	98,1 989
27	87,9 988	89 988	90,1 988	91,1 988	92,2 988	93,4 988	94,5 988	95,6 987	96,7 987	97,9 987
28	87,6 987	88,7 987	89,8 987	90,9 987	92 987	93,1 987	94,3 987	95,4 986	96,5 986	97,7 986
29	87,3 986	88,4 986	89,5 986	90,6 986	91,7 986	92,9 986	94,1 986	95,2 986	96,3 985	97,5 985
30	87,1 985	88,2 985	89,3 985	90,4 985	91,5 985	92,7 985	93,8 985	95 985	96,1 984	97,3 984

In England bestimmt man den Werth der alkoholischen Flüssigkeiten nicht nach ihrem Procentgehalt, sondern durch eine Vergleichung mit einem Normalalkohol, Proof Spirit, indem man angiebt, auf welches Volum 100 Volume des Alkohols gebracht werden müssen, um ihn auf die Stärke des Proof Spirit zu reduciren. Ist der Spiritus concentrirter als der Normalalkohol, so bezeichnet man ihn als over Proof, im anderen Falle als under Proof und die Zahl der mehr oder weniger als 100 entstehenden Volume werden als Grade over oder under Proof bezeichnet. Der Proof Spirit ist nach gesetzlichen Bestimmungen eine Mischung von Alkohol und Wasser, von welcher 13 Volume bei einer Temperatur von 51° F. ebenso viel wiegen wie 12 Volume Wasser. Bei dieser Definition fehlt eine sehr wesentliche Angabe, nämlich die der Temperatur des Wassers; ist dabei Wasser von größter Dichte oder von 51° F. verstanden? *) Nimmt man die Temperatur des Wassers zu 51° F., so erhält man eine Flüssigkeit, die bei 60° F. ein specifisches Gewicht von 0,9186 hat, diese enthält dann 57,27 Volum- oder 47,50 Gewichtsprocente Alkohol. Nach neueren Bestimmungen von Drinkwater entsteht der Proof Spirit beim Vermischen von 100 Gewichtstheilen absolutem Alkohol mit 103,09 Gewichtstheilen Wasser oder 100 Volumtheilen Alkohol und 81,82 Volumtheilen Wasser.

Zur Bestimmung der Stärke dient ein eigenthümlich construirtes Aräometer von Syke, nach dessen Angaben unter Benutzung umfangreicher Tabellen die Grade over oder under Proof zu ersehen sind. Alle englischen Angaben über Alkoholgehalte sind hierauf basirt. Um diese verstehen zu können, ist eine Vergleichung mit dem specifischen Gewicht der Flüssigkeiten, die in der folgenden Tabelle gegeben wird, erforderlich.

---

*) „Proof Spirit is such, as shall at the temperature of fifty-one degrees of Fahrenheit's thermometer weigh exactly twelf-thirteenth parts of an equal measure of distilled water" (Act of Parliament, 58 Geo. III, c. 28, Ures' Dictionary, Ed. V. p. 44).

Tafel X. Vergleichung der Angabe der Spiritusstärke over und under proof mit den entsprechenden specifischen Gewichten. Nach Ure. Normaltemperatur 60° F. = 12⁴/₉° R. = 15⁵/₉° C.

Spec. Gew.	Proc. over proof.	Spec. Gew.	Proc. over proof.	Spec. Gew.	Proc. over proof.	Spec. Gew.	Proc. over proof.	Spec. Gew.	Proc. over proof.	Spec. Gew.	Proc. under proof.	Spec. Gew.	Proc. under proof.
0,8156	67,0	0,8410	54,2	0,8657	39,3	0,8912	21,9	0,9178	1,9	0,9445	21,9	0,9722	58,3
8160	66,8	8413	54,1	8660	39,1	8915	21,7	9182	1,6	9448	22,2	9726	59,0
8163	66,6	8417	53,9	8664	38,9	8919	21,4	9185	1,3	9452	22,7	9730	59,7
8167	66,5	8420	53,7	8667	38,7	8922	21,2	9189	1,0	9456	23,1	9734	60,4
8170	66,3	8424	53,5	8671	38,4	8926	20,9	9192	0,7	9460	23,5	9738	61,1
8174	66,1	8427	53,3	8674	38,2	8930	20,6	9196	0,3	9464	23,9	9742	61,8
8178	65,9	8431	53,1	8678	38,0	8933	20,4	9200	Proof.	9468	24,3	9746	62,5
8181	65,8	8434	52,9	8681	37,8	8937	20,1	Under	proof.	9472	24,7	9750	63,2
8185	65,6	8438	52,7	8685	37,6	8940	19,9	9204	0,3	9476	25,1	9754	63,9
8188	65,5	8441	52,5	8688	37,3	8944	19,6	9207	0,6	9480	25,5	9758	64,6
8192	65,3	8445	52,3	8692	37,1	8948	19,3	9210	0,9	9484	25,9	9762	65,3
8196	65,1	8448	52,1	8695	36,9	8951	19,1	9214	1,3	9488	26,3	9766	66,0
8199	65,0	8452	51,9	8699	36,7	8955	18,8	9218	1,6	9492	26,7	9770	66,7
8203	64,8	8455	51,7	8702	36,4	8959	18,6	9222	1,9	9496	27,1	9774	67,4
8206	64,7	8459	51,5	8706	36,2	8962	18,3	9226	2,2	9499	27,5	9778	68,0
8210	64,5	8462	51,3	8709	35,9	8966	18,0	9229	2,5	9503	28,0	9782	68,7
8214	64,3	8465	51,1	8713	35,7	8970	17,7	9233	2,8	9507	28,4	9786	69,4
8218	64,1	8469	50,9	8716	35,5	8974	17,5	9237	3,1	9511	28,8	9790	70,1
8221	64,0	8472	50,7	8720	35,2	8977	17,2	9241	3,4	9515	29,2	9794	70,8
8224	63,8	8476	50,5	8723	35,0	8981	16,9	9244	3,7	9519	29,7	9798	71,4
8227	63,6	8480	50,3	8727	34,7	8985	16,6	9248	4,0	9522	30,1	9802	72,1
8231	63,4	8482	50,1	8730	34,5	8989	16,4	9252	4,4	9526	30,6	9806	72,8
8234	63,2	8486	49,9	8734	34,3	8992	16,1	9255	4,7	9530	31,0	9810	73,5
8238	63,1	8490	49,7	8737	34,1	8996	15,9	9259	5,0	9534	31,4	9814	74,1
8242	62,9	8493	49,5	8741	33,8	9000	15,6	9263	5,3	9539	31,9	9818	74,8
8245	62,7	8496	49,3	8744	33,6	9004	15,3	9267	5,7	9542	32,3	9822	75,4
8249	62,5	8499	49,1	8748	33,4	9008	15,0	9270	6,0	9546	32,8	9826	76,1
8252	62,3	8503	48,9	8751	33,2	9011	14,8	9274	6,4	9550	33,2	9830	76,7
8256	62,2	8506	48,7	8755	32,9	9015	14,5	9278	6,7	9553	33,7	9834	77,3
8259	62,0	8510	48,5	8758	32,7	9019	14,2	9282	7,0	9557	34,2	9838	78,0
8263	61,8	8513	48,3	8762	32,4	9023	13,9	9286	7,3	9561	34,7	9842	78,6
8266	61,6	8516	48,0	8765	32,2	9026	13,6	9291	7,7	9565	35,1	9846	79,2
8270	61,4	8520	47,8	8769	32,0	9030	13,4	9295	8,0	9569	35,6	9850	79,8
8273	61,3	8523	47,6	8772	31,7	9034	13,1	9299	8,3	9573	36,1	9854	80,4
8277	61,1	8527	47,4	8776	31,5	9038	12,8	9302	8,6	9577	36,6	9858	81,1
8280	60,9	8530	47,2	8779	31,2	9041	12,5	9306	9,0	9580	37,1	9862	81,7
8284	60,7	8533	47,0	8783	31,0	9045	12,2	9310	9,3	9584	37,6	9866	82,3
8287	60,5	8537	46,8	8786	30,8	9049	12,0	9314	9,7	9588	38,1	9870	82,9
8291	60,4	8540	46,6	8790	30,5	9052	11,7	9318	10,0	9592	38,6	9874	83,5
8294	60,2	8543	46,4	8793	30,3	9056	11,4	9322	10,3	9596	39,1	9878	84,0
8298	60,0	8547	46,2	8797	30,0	9060	11,1	9326	10,7	9599	39,6	9882	84,6
8301	59,8	8550	46,0	8800	29,8	9064	10,8	9329	11,0	9603	40,1	9886	85,2
8305	59,6	8553	45,8	8804	29,5	9067	10,6	9332	11,4	9607	40,6	9890	85,8
8308	59,5	8556	45,6	8807	29,3	9071	10,3	9337	11,7	9611	41,1	9894	86,3
8312	59,3	8560	45,4	8811	29,0	9075	10,0	9341	12,1	9615	41,7	9898	86,9
8315	59,1	8563	45,2	8814	28,8	9079	9,7	9345	12,4	9619	42,2	9902	87,4
8319	58,9	8566	45,0	8818	28,5	9082	9,4	9349	12,8	9623	42,8	9906	88,0
8322	58,7	8570	44,8	8822	28,3	9085	9,2	9353	13,1	9627	43,3	9910	88,5
8326	58,6	8573	44,6	8825	28,0	9089	8,9	9357	13,5	9631	43,9	9914	89,1
8329	58,4	8577	44,4	8829	27,8	9093	8,6	9360	13,9	9635	44,4	9918	89,6
8333	58,2	8581	44,2	8832	27,5	9097	8,3	9364	14,2	9638	45,0	9922	90,2
8336	58,0	8583	43,9	8836	27,3	9100	8,0	9368	14,6	9642	45,5	9926	90,7
8340	57,8	8587	43,7	8840	27,0	9104	7,7	9372	14,9	9646	46,1	9930	91,2
8344	57,7	8590	43,5	8843	26,8	9107	7,4	9376	15,3	9650	46,7	9934	91,7
8347	57,5	8594	43,3	8847	26,5	9111	7,1	9380	15,7	9654	47,3	9938	92,3
8351	57,3	8597	43,1	8850	26,3	9115	6,8	9384	16,0	9657	47,9	9942	92,8
8354	57,1	8601	42,8	8854	26,0	9118	6,5	9388	16,4	9661	48,5	9946	93,3
8358	56,9	8604	42,6	8858	25,8	9122	6,2	9392	16,7	9665	49,1	9950	93,8
8362	56,8	8608	42,4	8861	25,5	9126	5,9	9396	17,1	9669	49,7	9954	94,3
8365	56,6	8611	42,2	8865	25,3	9130	5,6	9399	17,5	9674	50,3	9958	94,9
8369	56,4	8615	42,0	8869	25,0	9134	5,3	9403	17,8	9677	51,0	9962	95,4
8372	56,2	8618	41,7	8872	24,8	9137	5,0	9407	18,2	9681	51,6	9966	95,9
8376	56,0	8622	41,5	8876	24,5	9141	4,8	9411	18,5	9685	52,2	9970	96,4
8379	55,9	8625	41,3	8879	24,3	9145	4,5	9415	18,9	9689	52,9	9974	96,8
8383	55,7	8629	41,1	8883	24,0	9148	4,2	9419	19,3	9693	53,3	9978	97,3
8386	55,5	8632	40,9	8886	23,8	9152	3,9	9422	19,7	9697	54,2	9982	97,7
8390	55,3	8636	40,6	8890	23,5	9156	3,6	9426	20,0	9701	54,8	9986	98,2
8393	55,1	8639	40,4	8894	23,2	9159	3,3	9430	20,4	9705	55,5	9990	98,7
8396	55,0	8643	40,2	8897	23,0	9163	3,0	9434	20,8	9709	56,2	9993	99,1
8400	54,8	8646	40,0	8901	22,7	9167	2,7	9437	21,2	9713	56,9	9997	99,6
8403	54,6	8650	39,8	8904	22,5	9170	2,4	9441	21,6	9718	57,6	1,0000	100,0
8407	54,4	8653	39,6	8908	22,2	9174	2,1						

Da beim Vermischen von Spiritus und Wasser stets eine Contraction stattfindet, so kann man, wenn man ein gewisses Maß Spiritus von gegebener Stärke durch Zusatz von Wasser bis zu einem gewissen Procentgehalt verdünnen will, nicht unmittelbar das erforderliche Volum Wasser nach der Mischungsrechnung finden. Man wolle z. B. 100 Maß Spiritus von 92 Proc. auf 45 Proc. verdünnen, so wird man durch einfache Rechnung zunächst finden, daß das Volum des 45procentigen Spiritus 204,4 Maß sein muß, da die Zahl der Alkoholprocente unverändert bleiben soll:

$$45 : 92 = 100 : 204{,}4$$

100 Maß Spiritus von 92 Proc. enthalten 9200 Maßprocente, 204,4 Maß Spiritus von 45 Proc. enthalten 9198 Maßprocente, beide haben also gleichen Werth. Nach Tafel V. enthalten 100 Maß Spiritus von 92 Proc. 9,617 Maß Wasser, 100 Maß Spiritus von 45 Proc. aber 58,593 Maß Wasser, daher werden die 204,4 Maß Spiritus von 45 Proc. 119,754 Maß Wasser enthalten. In dem 92procentigen Spiritus sind 9,617 Maß Wasser, es müssen demnach noch 119,754 — 9,617 = 110,137 Maß Wasser zugesetzt werden, um die Mischung von der erforderlichen Stärke zu erhalten. Es entstehen daher bei der Vermischung von 100 Maß 92procentigem Spiritus mit 110,137 Maß nicht 210,137, sondern nur 204,4 Maß Spiritus von 45 Proc., es hat mithin eine Contraction von 210,137 — 204,4 = 5,737 Maß stattgefunden. Bei diesen Rechnungen versteht es sich von selbst, daß man bei den Bestimmungen des Alkoholgehalts die wahre Stärke nach Tafel VII. ermittelt und durch die S. 389 gezeigte Rechnung dann eine Reduction des Volums auf die Normaltemperatur vornimmt und das so berichtigte Volum des Spiritus zur Mischung verwendet.

Umgekehrt läßt sich auch berechnen, wie viel Alkohol von bestimmtem Procentgehalt man anwenden müsse, um ein beliebiges Volum eines verdünnteren Alkohols daraus herzustellen. Man wolle z. B. 250 Maß Spiritus von 50 Proc. aus Spiritus von 85 Proc. mischen. 250 Maß 50procentiger Spiritus enthalten 12500 Maßprocente Alkohol, ebenso viele Maßprocente enthalten 147 Maß Spiritus von 85 Proc., denn 147 . 85 = 12495. 100 Maß 85procentiger Spiritus enthalten nach Tafel V. 17,419 Maß Wasser, folglich 147 Maß 25,606 Maß Wasser; 100 Maß 50procentiger Spiritus enthalten 53,7 Maß Wasser, also 250 Maß 134,25 Maß Wasser, es sind daher den 147 Maß Spiritus von 85 Proc. noch 134,25 — 17,419 = 116,831 Maß Wasser hinzuzufügen, um eine Mischung von 250 Maß Spiritus von 50 Proc. zu erhalten, wobei eine Contraction von 13,831 Maß stattfindet.

Der Berechnungen für die Verdünnungen ist man ebenfalls durch Tabellen überhoben, die von Brix und Gay-Lussac aufgestellt sind. Die von Brix beziehen sich auf die Normaltemperatur von $12^4/_9{}^0$ R. = $15^5/_9{}^0$ C., die von Gay-Lussac auf die Normaltemperatur von 15^0 C. = 12^0 R. Die dadurch herbeigeführten Differenzen sind jedoch so gering, daß beide Tabellen sehr nahezu dieselben Angaben liefern. Bei den Tabellen von Brix bezeichnen die Zahlen in der obersten Horizontallinie den Alkoholgehalt des anzuwendenden Weingeistes, die Zahlen der ersten Verticalspalte den Procentgehalt der Mischung. Man sucht daher in der obersten Horizontallinie den Gehalt des zu verdünnenden Spiritus und geht in derselben herab, bis sie mit der Linie, welche vorn den Alkoholgehalt der Mischung bezeichnet, sich kreuzt. Die an diesem Kreuzungspunkte stehende Zahl deutet an, daß 100 Maß des starken Spiritus mit so viel Maß Wasser, wie die Zahl angiebt, gemischt werden müssen, um den verdünnten Spiritus von verlangter Stärke zu erhalten. Es soll z. B. Spiritus von 86 auf 55 Proc. verdünnt werden, so müssen 100 Maß Spiritus mit 59,9 Maß Wasser gemischt werden. Dieselbe Anordnung gilt für die darauf folgende Tafel, welche die bei solchen Mischungen eintretende Contraction nachweist.

Bei der Tafel von Gay-Lussac ist die Anordnung umgekehrt wie bei der von Brix. Die oberste Horizontallinie zeigt den Gehalt der darzustellenden Mischung, die erste Verticallinie den Procentgehalt des zu verdünnenden Weingeistes, und die auf den Kreuzungspunkten stehenden Zahlen die Anzahl von Maßen Wasser, welche zu 1000 Maß Spiritus gefügt werden müssen, um ihn auf die gewünschte Verdünnung zu bringen.

Tafel XI. Verdünnungs-Tabelle nach Brix. Normaltemperatur $12^4/_9{}^0$ R. = $15^5/_9{}^0$ C.

Mischung	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
26											232,1	228,1	224,0	220,0	216,0	212,0	208,0	204,0	200,0	196,0
27											220,0	216,1	212,3	208,4	204,5	200,7	196,8	192,9	189,1	185,2
28											208,8	205,1	201,3	197,6	193,8	190,1	186,4	182,6	178,9	175,2
29											198,4	194,7	191,1	187,5	183,9	180,3	176,7	173,1	169,4	165,8
30											188,6	185,1	181,6	178,1	174,6	171,1	167,6	164,1	160,6	157,1
31	213,9	210,4	206,9	203,5	200,0	196,6	193,1	189,7	186,3	182,9	179,4	176,0	172,6	169,2	165,8	162,5	159,1	155,7	152,3	148,9
32	204,3	200,9	197,5	194,2	190,8	187,5	184,1	180,8	177,5	174,2	170,9	167,6	164,3	161,0	157,7	154,4	151,1	147,8	144,5	141,3
33	195,2	192,0	188,7	185,4	182,2	178,9	175,7	172,4	169,2	166,0	162,8	159,6	156,4	153,2	150,0	146,8	143,6	140,4	137,2	134,0
34	186,7	183,5	180,4	177,2	174,0	170,9	167,7	164,6	161,4	158,3	155,2	152,0	148,9	145,8	142,7	139,6	136,5	133,4	130,3	127,2
35	178,7	175,6	172,5	169,4	166,3	163,3	160,2	157,1	154,1	151,0	148,0	144,9	141,9	138,9	135,9	132,8	129,9	126,8	123,8	120,8
36	171,1	168,1	165,1	162,1	159,1	156,1	153,1	150,1	147,1	144,2	141,2	138,2	135,3	132,4	129,4	126,5	123,6	120,6	117,7	114,8
37	163,9	161,0	158,0	155,1	152,2	149,3	146,3	143,4	140,5	137,7	134,8	131,9	129,0	126,1	123,3	120,4	117,6	114,7	111,9	109,0
38	157,1	154,2	151,4	148,5	145,6	142,8	139,9	137,1	134,3	131,5	128,7	125,8	123,0	120,3	117,5	114,7	111,9	109,1	106,3	103,5
39	150,6	147,8	145,0	142,2	139,4	136,6	133,9	131,1	128,3	125,6	122,9	120,1	117,4	114,7	111,9	109,2	106,5	103,8	101,1	98,3
40	144,4	141,7	139,0	136,2	133,5	130,8	128,1	125,4	122,7	120,0	117,3	114,6	112,0	109,3	106,7	104,0	101,4	98,7	96,0	93,4
41	138,5	135,9	133,2	130,5	127,9	125,2	122,6	119,9	117,3	114,7	112,1	109,4	106,8	104,2	101,6	99,0	96,5	93,9	91,3	88,7
42	132,9	130,3	127,7	125,1	122,5	119,9	117,3	114,7	112,2	109,6	107,0	104,5	101,9	99,4	96,9	94,3	91,8	89,3	86,7	84,2
43	127,6	125,0	122,4	119,9	117,3	114,8	112,3	109,8	107,2	104,7	102,2	99,7	97,2	94,8	92,3	89,8	87,3	84,8	82,4	79,9
44	122,4	119,9	117,4	114,9	112,4	109,9	107,5	105,0	102,5	100,1	97,6	95,2	92,8	90,3	87,9	85,5	83,1	80,6	78,2	75,8
45	117,5	115,1	112,6	110,2	107,7	105,3	102,9	100,5	98,0	95,7	93,3	90,9	88,5	86,1	83,7	81,3	79,0	76,6	74,2	71,9
46	112,8	110,4	108,0	105,6	103,2	100,9	98,5	96,1	93,7	91,4	89,1	86,7	84,4	82,0	79,7	77,4	75,1	72,8	70,4	68,1
47	108,3	106,0	103,6	101,3	98,9	96,6	94,3	91,9	89,6	87,3	85,0	82,7	80,4	78,2	75,9	73,6	71,3	69,1	66,8	64,5
48	104,0	101,7	99,4	97,1	94,8	92,5	90,2	87,8	85,7	83,4	81,2	78,9	76,7	74,4	72,2	70,0	67,8	65,5	63,3	61,1
49	99,9	97,6	95,3	93,1	90,8	88,6	86,3	84,1	81,9	79,7	77,4	75,2	73,0	70,8	68,6	66,5	64,3	62,1	59,9	57,7
50	95,9	93,6	91,4	89,2	87,0	84,8	82,6	80,4	78,2	76,0	73,9	71,7	69,5	67,4	65,2	63,1	61,0	58,8	56,7	54,5
51	92,0	89,8	87,6	85,5	83,3	81,1	79,0	76,8	74,7	72,6	70,4	68,3	66,2	64,1	62,0	59,8	57,8	55,7	53,6	51,5
52	88,3	86,2	84,0	81,9	79,7	77,6	75,5	73,4	71,3	69,2	67,1	65,0	62,9	60,9	58,8	56,7	54,7	52,6	50,6	48,5
53	84,8	82,6	80,5	78,4	76,3	74,2	72,2	70,1	68,0	66,0	63,9	61,9	59,8	57,8	55,8	53,7	51,7	49,7	47,7	45,6
54	81,3	79,2	77,2	75,1	73,0	71,0	68,9	66,9	64,9	62,9	60,9	58,8	56,8	54,8	52,8	50,8	48,9	46,9	44,9	42,9
55	78,0	76,0	73,9	71,9	69,9	67,8	65,8	63,8	61,8	59,9	57,9	55,9	53,9	52,0	50,0	48,0	46,1	44,1	42,2	40,2
56	74,8	72,8	70,8	68,8	66,8	64,8	62,8	60,9	58,9	56,9	55,0	53,1	51,1	49,2	47,3	45,3	43,4	41,5	39,6	37,7
57	71,7	69,7	67,7	65,8	63,8	61,9	59,9	58,0	56,1	54,1	52,2	50,3	48,4	46,5	44,6	42,7	40,9	39,0	37,1	35,2
58	68,7	66,7	64,8	62,9	60,9	59,0	57,1	55,2	53,3	51,4	49,5	47,7	45,8	43,9	42,1	40,2	38,4	36,5	34,6	32,8
59	65,8	63,9	62,0	60,1	58,2	56,3	54,4	52,5	50,7	48,8	47,0	45,1	43,3	41,4	39,6	37,8	36,0	34,1	32,3	30,5
60	63,0	61,1	59,2	57,3	55,5	53,6	51,8	49,9	48,1	46,3	44,4	42,6	40,8	39,0	37,2	35,4	33,6	31,8	30,0	28,2
61	60,3	58,4	56,6	54,7	52,9	51,0	49,2	47,4	45,6	43,8	42,0	40,2	38,4	36,7	34,9	33,1	31,4	29,6	27,8	26,1
62	57,6	55,8	54,0	52,2	50,4	48,6	46,8	45,0	43,2	41,4	39,7	37,9	36,1	34,4	32,6	30,0	29,2	27,4	25,7	24,0
63	55,1	53,3	51,5	49,7	47,9	46,1	44,4	42,6	40,8	39,1	37,4	35,6	33,9	32,2	30,5	28,7	27,1	25,3	23,6	21,9
64	52,6	50,8	49,0	47,3	45,5	43,8	42,0	40,3	38,6	36,9	35,2	33,4	31,7	30,0	28,4	26,7	25,0	23,3	21,6	19,9
65	50,2	48,4	46,7	45,0	43,2	41,5	39,8	38,1	36,4	34,7	33,0	31,3	29,6	28,0	26,3	24,6	23,0	21,3	19,7	18,0
66	47,9	46,1	44,4	42,7	41,0	39,3	37,6	35,9	34,2	32,6	30,9	29,2	27,6	26,0	24,3	22,7	21,0	19,4	17,8	16,1
67	45,6	43,9	42,2	40,5	38,8	37,1	35,5	33,8	32,2	30,5	28,9	27,2	25,6	24,0	22,4	20,8	19,2	17,5	15,9	14,3
68	43,4	41,7	40,0	38,4	35,7	35,0	33,4	31,8	30,1	28,5	26,9	25,3	23,7	22,1	20,5	18,9	17,3	15,7	14,1	12,5
69	41,2	39,6	37,9	36,3	34,6	33,0	31,4	29,8	28,2	26,6	25,0	23,4	21,8	20,2	18,7	17,1	15,5	14,0	12,4	10,8
70	39,1	37,5	35,9	34,3	32,6	31,0	29,4	27,8	26,2	24,7	23,1	21,5	20,0	18,4	16,9	15,3	13,8	12,2	10,7	9,2
71	37,1	35,5	33,9	32,3	30,7	29,1	27,5	26,0	24,4	22,8	21,3	19,7	18,2	16,7	15,1	13,6	12,1	10,6	9,0	7,5
72	35,1	33,5	32,0	30,4	28,8	27,2	25,7	24,1	22,6	21,1	19,5	18,0	16,5	15,0	13,5	11,9	10,5	8,9	7,4	6,0
73	33,2	31,6	30,1	28,5	26,9	25,4	23,9	22,3	20,8	19,3	17,8	16,3	14,8	13,3	11,8	10,3	8,9	7,4	5,9	4,4
74	31,3	29,8	28,2	26,7	25,1	23,6	22,1	20,6	19,1	17,6	16,1	14,6	13,1	11,7	10,2	8,7	7,3	5,8	4,4	2,9
75	29,5	27,9	26,4	24,9	23,4	21,9	20,4	18,9	17,4	15,9	14,5	13,0	11,5	10,1	8,6	7,2	5,8	4,3	2,9	1,4
76	27,7	26,2	24,7	23,2	21,7	20,2	18,7	17,6	15,8	14,3	12,9	11,4	10,0	8,5	7,1	5,7	4,3	2,8	1,4	
77	25,9	24,4	23,0	21,5	20,0	18,5	17,1	15,2	14,2	12,7	11,3	9,9	8,4	7,0	5,6	4,2	2,8	1,4		
78	24,2	22,8	21,3	19,8	18,4	16,9	15,5	14,0	12,6	11,2	9,8	8,4	7,0	5,6	4,2	2,8	1,4			
79	22,6	21,1	19,6	18,2	16,7	15,3	13,9	12,5	11,1	9,7	8,3	6,9	5,5	4,1	2,7	1,4				
80	20,9	19,5	18,1	16,6	15,2	13,8	12,4	11,0	9,6	8,2	6,8	5,5	4,1	2,7	1,4					
81	19,4	17,9	16,5	15,1	13,7	12,3	10,9	9,5	8,1	6,8	5,4	4,0	2,7	1,3						
82	17,8	16,4	15,0	13,6	12,2	10,8	9,4	8,1	6,7	5,4	4,0	2,7	1,3							
83	16,3	14,9	13,5	12,1	10,7	9,4	8,0	6,7	5,3	4,0	2,7	1,3								
84	14,8	13,4	12,0	10,7	9,3	8,0	6,6	5,3	3,9	2,6	1,3									
85	13,3	11,9	10,6	9,2	7,9	6,6	5,2	3,9	2,6	1,3										
86	11,9	10,5	9,1	7,8	6,5	5,2	3,9	2,5	1,3											
87	10,5	9,1	7,8	6,5	5,2	3,9	2,6	1,3												
88	9,1	7,8	6,5	5,2	3,8	2,6	1,3													
89	7,7	6,4	5,1	3,8	2,5	1,3														
90	6,4	5,1	3,8	2,5	1,3															
91	5,1	3,8	2,5	1,3																
92	3,8	2,5	1,2																	
93	2,5	1,3																		
94	1,2																			

Tafel XI. (Fortsetzung.)

Mischung	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56
26	192,0	188,0	184,0	180,1	176,1	172,1	168,1	160,2	160,2	156,2	152,2	148,3	144,3	140,4	136,4	132,5	128,5	124,6	120,6	116,7
27	181,4	177,5	173,7	169,8	166,0	162,2	158,3	154,5	150,7	146,8	143,0	139,2	135,4	131,6	127,8	123,9	120,1	116,3	112,5	108,7
28	171,5	167,8	164,0	160,3	156,6	152,9	149,2	145,5	141,8	138,1	134,4	130,8	127,1	123,4	119,7	116,0	112,3	108,7	105,0	101,3
29	162,3	158,7	155,1	151,5	147,9	144,3	140,7	137,2	133,6	130,0	126,4	122,9	119,3	115,8	112,2	108,6	105,1	101,5	98,0	94,4
30	153,6	150,2	146,7	143,2	139,7	136,3	132,8	129,4	125,9	122,4	119,0	115,5	112,1	108,6	105,2	101,8	98,3	94,9	91,4	88,0
31	145,6	142,2	138,8	135,5	132,1	128,7	125,4	122,0	118,7	115,3	112,1	108,6	105,3	102,0	98,6	95,3	92,0	88,6	85,3	82,0
32	138,0	134,7	131,5	128,2	124,9	121,7	118,4	115,2	111,9	108,7	105,4	102,2	98,9	95,7	92,5	89,2	86,0	82,8	79,6	76,3
33	130,9	127,7	124,5	121,3	118,2	115,0	111,8	108,7	105,5	102,4	99,2	96,1	92,9	89,8	86,7	83,5	80,4	77,3	74,1	71,0
34	124,1	121,1	118,0	114,9	111,8	108,8	105,7	102,6	99,5	96,5	93,4	90,4	87,3	84,3	81,2	78,2	75,1	72,1	69,0	66,0
35	117,8	114,8	111,8	108,8	105,8	102,8	99,8	96,9	93,9	90,9	87,9	85,0	82,0	79,0	76,0	73,1	70,1	67,2	64,2	61,3
36	111,8	108,9	106,0	103,1	100,2	97,3	94,3	91,4	88,5	85,6	82,7	79,9	77,0	74,1	71,1	68,3	65,4	62,5	59,7	56,8
37	106,2	103,3	100,5	97,6	94,8	92,0	89,1	86,3	83,5	80,6	77,8	75,0	72,2	69,4	66,6	63,8	61,0	58,2	55,4	52,6
38	100,8	98,9	95,2	92,4	89,7	86,9	84,2	81,4	78,7	75,9	73,2	70,4	67,7	64,9	62,2	59,5	56,7	54,0	51,3	48,5
39	95,6	92,9	90,2	87,5	84,8	82,1	79,4	76,8	74,1	71,4	68,7	66,0	63,4	60,7	58,0	55,4	52,7	50,0	47,4	44,7
40	90,8	88,1	85,5	82,8	80,2	77,6	75,0	72,3	69,7	67,1	64,5	61,9	59,3	56,6	54,0	51,5	48,8	46,2	43,7	41,1
41	86,1	83,5	81,0	78,4	75,8	73,2	70,7	68,1	65,6	63,0	60,5	57,9	55,4	52,8	50,3	47,7	45,2	42,7	40,1	37,6
42	81,7	79,2	76,6	74,1	71,6	69,1	66,6	64,1	61,6	59,1	56,6	54,1	51,6	49,1	46,7	44,2	41,7	39,2	36,8	34,3
43	77,4	75,0	72,5	70,1	67,6	65,2	62,6	60,3	57,8	55,4	52,9	50,5	48,1	45,6	43,2	40,8	38,4	36,0	33,5	31,1
44	73,4	71,0	68,6	66,2	63,8	61,4	59,0	56,6	54,2	51,8	49,4	47,0	44,7	42,3	39,9	37,6	35,2	32,8	30,4	28,1
45	69,5	67,2	64,8	62,5	60,1	57,8	55,4	53,1	50,7	48,4	46,1	43,8	41,4	39,1	36,8	34,5	32,1	29,8	27,5	25,2
46	65,8	63,5	61,2	58,9	56,6	54,3	52,0	49,7	47,4	45,1	42,9	40,6	38,3	36,0	33,8	31,5	29,2	27,0	24,7	22,4
47	62,3	60,0	57,7	55,5	53,2	51,0	48,7	46,5	44,3	42,0	39,8	37,6	35,3	33,1	30,9	28,7	26,4	24,2	22,0	19,8
48	58,9	56,6	54,4	52,2	50 0	47,8	45,6	43,4	41,2	39,0	36,8	34,6	32,5	30,3	28,1	25,9	23,7	21,6	19,4	17,2
49	55,6	53,4	51,2	49,1	46,9	44,7	42,6	40,4	38,3	36,1	34,0	31,8	29,7	27,6	25,4	23,3	21,2	19,0	16,9	14,8
50	52,4	50,3	48,2	46,0	43,9	41,8	39,7	37,6	35,5	33,4	31,3	29,2	27,1	25,0	22,9	20,8	18,7	16,6	14,5	12,4
51	49,4	47,3	45,2	43,1	41,0	39,0	36,9	34,8	32,7	30,7	28,6	26,6	24,5	22,4	20,4	18,3	16,3	14,2	12,2	10,2
52	46,4	44,4	42,3	40,3	38,3	36,2	34,2	32,2	30,1	28,1	26,1	24,1	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0	10,0	8,0
53	43,6	41,6	39,6	37,6	35,6	33,6	31,6	29,6	27,6	25,6	23,6	21,7	19,7	17,7	15,7	13,8	11,8	9,8	7,8	5,9
54	40,9	38,9	37,0	35,0	33,0	31,1	29,1	27,2	25,2	23,2	21,3	19,3	17,4	15,5	13,5	11,6	9,6	7,7	5,8	3,9
55	38,3	36,4	34,4	32,5	30,6	28,6	26,7	24,8	22,9	20,9	19,0	17,1	15,2	13,3	11,4	9,5	7,6	5,7	3,8	1,9
56	35,8	33,9	32,0	30,1	28,2	26,3	24,4	22,5	20,6	18,7	16,8	14,9	13,1	11,1	9,3	7,5	5,6	3,7	1,9	
57	33,3	31,4	29,6	27,7	25,8	24,0	22,1	20,3	18,4	16,6	14,7	12,9	11,0	9,2	7,3	5,5	3,7	1,8		
58	31,0	29,1	27,3	25,4	23,6	21,8	19,9	18,1	16,3	14,5	12,6	10,8	9,0	7,2	5,4	3,6	1,8			
59	28,7	26,8	25,0	23,2	21,4	19,6	17,8	16,0	14,2	12,5	10,7	8,9	7,1	5,3	3,5	1,8				
60	26,4	24,7	22,9	21,1	19,3	17,6	15,8	14,0	12,3	10,5	8,7	7,0	5,2	3,5	1,7					
61	24,3	22,5	20,8	19,1	17,4	15,6	13,8	12,1	10,4	8,6	6,9	5,2	3,4	1,7						
62	22,2	20,5	18,8	17,1	15,3	13,6	11,9	10,2	8,5	6,8	5,1	3,4	1,7							
63	20,2	18,5	16,8	15,1	13,4	11,7	10,1	8,4	6,7	5,0	3,3	1,7								
64	18,3	16,6	14,9	13,2	11,6	9,9	8,3	6,6	4,9	3,3	1,6									
65	16,4	14,7	13,1	11,4	9,8	8,1	6,5	4,9	3,2	1,6										
66	14,5	12,9	11,3	9,6	8,0	6,4	4,8	3,2	1,6											
67	12,7	11,1	9,5	7,9	6,3	4,8	3,2	1,6												
68	11,0	9,4	7,8	6,3	4,7	3,1	1,6													
69	9,3	7,7	6,2	4,6	3,1	1,5														
70	7,6	6,1	4,6	3,0	1,5															
71	6,0	4,5	3,0	1,5																
72	4,5	3,0	1,5																	
73	2,9	1,5																		
74	1,5																			

Tafel XI. (Schluß.)

Mischung	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36
26	112,7	108,8	104,9	100,9	97,0	93,1	89,2	85,2	81,3	77,4	73,5	69,6	65,7	61,8	57,9	54,0	50,1	46,2	42,4	38,5
27	104,9	101,1	97,3	93,6	89,8	86,0	82,2	78,4	74,7	70,9	67,1	63,4	59,6	55,8	52,1	48,3	44,6	40,8	37,1	33,4
28	97,7	94,0	90,3	86,7	83,0	79,4	75,7	72,1	68,4	64,8	61,2	57,5	53,9	50,3	46,7	43,1	39,4	35,8	32,2	28,6
29	90,9	87,4	83,8	80,3	76,8	73,2	69,7	66,2	62,7	59,2	55,6	52,1	48,6	45,1	41,6	38,1	34,6	31,2	27,7	24,2
30	84,6	81,2	77,7	74,3	70,9	67,5	64,1	60,7	57,3	53,9	50,5	47,1	43,7	40,3	39,9	33,5	30,2	26,8	23,4	20,1
31	78,7	75,3	72,0	68,7	65,4	62,1	58,8	55,5	52,2	48,9	45,6	42,3	39,1	35,8	32,5	29,2	26,0	22,7	19,4	16,2
32	73,1	69,9	66,7	63,5	60,3	57,1	53,9	50,7	47,5	44,4	41,1	37,9	34,7	31,5	28,4	25,2	22,0	18,9	15,7	12,6
33	67,9	64,8	61,6	58,5	55,4	52,3	49,2	46,1	43,0	39,9	36,8	33,7	30,6	27,5	24,5	21,4	18,3	15,2	12,2	9,1
34	63,0	59,9	56,9	53,9	50,8	47,8	44,8	41,8	38,8	35,8	32,8	29,8	26,8	23,8	20,8	17,8	14,8	11,8	8,9	5,9
35	58,3	55,4	52,4	49,5	46,5	43,6	40,7	37,7	34,8	31,9	29,0	26,1	23,1	20,2	17,3	14,4	11,5	8,6	5,7	2,9
36	53,9	51,1	48,2	45,3	42,5	39,6	36,8	33,9	31,1	28,2	25,4	22,6	19,7	16,9	14,1	11,2	8,4	5,6	2,8	
37	49,8	47,0	44,2	41,4	38,6	35,8	33,1	30,3	27,5	24,7	22,0	19,2	16,5	13,7	11,0	8,2	5,5	2,7		
38	45,8	43,1	40,4	37,7	34,9	32,2	29,5	26,8	24,1	21,4	18,7	16,1	13,4	10,7	8,0	5,3	2,7			
39	42,0	39,4	36,8	34,1	31,5	28,8	26,2	23,5	20,9	18,3	15,7	13,1	10,4	7,8	5,2	2,6				
40	38,5	35,9	33,3	30,7	28,1	25,6	23,0	20,4	17,9	15,3	12,7	10,2	7,6	5,1	2,5					
41	35,1	32,5	30,0	27,5	25,0	22,5	20,0	17,4	14,9	12,4	9,9	7,5	5,0	2,5						
42	31,8	29,3	26,9	24,4	22,0	19,5	17,1	14,6	12,2	9,7	7,3	4,9	2,4							
43	28,7	26,3	23,9	21,5	19,1	16,7	14,3	11,9	9,5	7,1	4,8	2,4								
44	25,7	23,4	21,0	18,7	16,3	14,0	11,6	9,3	7,0	4,6	2,3									
45	22,9	20,6	18,3	16,0	13,7	11,4	9,1	6,8	4,6	2,3										
46	20,2	17,9	15,7	13,4	11,2	8,9	6,7	4,5	2,2											
47	17,6	15,4	13,2	11,0	8,8	6,6	4,4	2,2												
48	15,1	12,9	10,8	8,6	6,4	4,3	2,1													
49	12,7	10,5	8,4	6,3	4,2	2,1														
50	10,4	8,3	6,3	4,1	2,1															
51	8,1	6,1	4,1	2,0																
52	6,0	4,0	2,0																	
53	3,9	1,9																		
54	1,9																			

Tafel XII. Contractionen alkoholischer Flüssigkeiten beim Verdünnen mit Wasser. Nach Brix.
Normaltemperatur $12^4/_9$° R. = $15^5/_9$° C.

Mischung	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
26											5,17	4,98	4,81	4,64	4,48	4,32	4,17	4,01	3,85	3,70
27											5,22	5,03	4,86	4,69	4,53	4,37	4,22	4,06	3,90	3,75
28											5,23	5,05	4,88	4,71	4,55	4,38	4,24	4,07	3,92	3,76
29											5,25	5,07	4,89	4,73	4,56	4,40	4,25	4,09	3,93	3,78
30											5,26	5,08	4,91	4,74	4,58	4,41	4,26	4,10	3,94	3,79
31	7,42	7,16	6,92	6,68	6,46	6,25	6,02	5,82	5,62	5,44	5,25	5,07	4,89	4,73	4,56	4,40	4,25	4,09	3,93	3,78
32	7,40	7,15	6,91	6,67	6,45	6,23	6,01	5,80	5,61	5,42	5,24	5,05	4,88	4,71	4,55	4,38	4,24	4,08	3,92	3,77
33	7,36	7,12	6,86	6,63	6,41	6,19	5,97	5,76	5,57	5,39	5,20	5,02	4,84	4,68	4,51	4,35	4,20	4,04	3,89	3,73
34	7,32	7,07	6,83	6,59	6,37	6,16	5,93	5,73	5,53	5,35	5,17	4,98	4,81	4,64	4,48	4,32	4,17	4,01	3,86	3,70
35	7,29	7,03	6,79	6,56	6,33	6,12	5,89	5,69	5,50	5,32	5,13	4,95	4,78	4,61	4,45	4,28	4,14	3,98	3,82	3,67
36	7,25	7,00	6,75	6,52	6,30	6,08	5,86	5,66	5,46	5,28	5,10	4,91	4,74	4,58	4,42	4,25	4,11	3,95	3,79	3,64
37	7,19	6,94	6,70	6,46	6,24	6,03	5,81	5,60	5,41	5,23	5,05	4,86	4,69	4,53	4,37	4,20	4,06	3,90	3,75	3,60
38	7,11	6,86	6,62	6,38	6,16	5,95	5,73	5,53	5,34	5,16	4,97	4,79	4,62	4,46	4,30	4,14	3,99	3,83	3,68	3,53
39	7,03	6,78	6,54	6,31	6,09	5,88	5,66	5,46	5,27	5,09	4,91	4,73	4,56	4,39	4,23	4,07	3,93	3,77	3,62	3,47
40	6,94	6,69	6,45	6,22	6,00	5,79	5,57	5,37	5,18	5,00	4,82	4,64	4,47	4,31	4,15	3,99	3,85	3,69	3,54	3,39
41	6,84	6,59	6,36	6,13	5,91	5,70	5,48	5,28	5,09	4,91	4,74	4,56	4,39	4,23	4,07	3,91	3,77	3,61	3,47	3,32
42	6,76	6,51	6,27	6,04	5,83	5,62	5,40	5,20	5,01	4,84	4,66	4,48	4,31	4,15	4,00	3,84	3,70	3,54	3,39	3,25
43	6,65	6,40	6,17	5,94	5,72	5,52	5,30	5,10	4,92	4,74	4,56	4,39	4,22	4,06	3,91	3,75	3,61	3,46	3,31	3,16
44	6,53	6,28	6,05	5,82	5,61	5,40	5,19	4,99	4,81	4,63	4,45	4,28	4,11	3,96	3,80	3,65	3,51	3,36	3,21	3,07
45	6,43	6,19	5,95	5,73	5,51	5,31	5,09	4,90	4,72	4,54	4,37	4,19	4,03	3,87	3,72	3,56	3,43	3,28	3,13	2,99
46	6,32	6,08	5,84	5,62	5,41	5,20	4,99	4,80	4,61	4,44	4,27	4,09	3,93	3,78	3,62	3,47	3,34	3,18	3,04	2,90
47	6,21	5,97	5,74	5,52	5,30	5,10	4,89	4,70	4,52	4,34	4,17	4,00	3,84	3,68	3,53	3,38	3,25	3,10	2,95	2,81
48	6,11	5,87	5,64	5,42	5,21	5,00	4,79	4,60	4,42	4,25	4,08	3,91	3,75	3,59	3,44	3,29	3,16	3,01	2,87	2,73
49	5,99	5,75	5,52	5,30	5,09	4,89	4,68	4,49	4,31	4,14	3,97	3,80	3,64	3,49	3,34	3,19	3,06	2,91	2,77	2,63
50	5,88	5,64	5,41	5,19	4,98	4,78	4,57	4,39	4,21	4,04	3,87	3,70	3,54	3,39	3,25	3,10	2,97	2,82	2,68	2,54
51	5,75	5,51	5,28	5,07	4,86	4,66	4,45	4,27	4,09	3,92	3,76	3,59	3,43	3,28	3,14	2,99	2,86	2,72	2,58	2,44
52	5,63	5,39	5,17	4,95	4,74	4,55	4,34	4,16	3,98	3,81	3,65	3,48	3,33	3,18	3,03	2,89	2,76	2,62	2,48	2,34
53	5,51	5,27	5,05	4,83	4,63	4,43	4,23	4,04	3,87	3,71	3,54	3,38	3,22	3,08	2,93	2,79	2,66	2,52	2,38	2,25
54	5,40	5,16	4,94	4,72	4,52	4,33	4,12	3,94	3,77	3,60	3,44	3,28	3,12	2,98	2,84	2,69	2,57	2,43	2,29	2,16
55	5,27	5,03	4,81	4,60	4,40	4,21	4,00	3,82	3,65	3,49	3,33	3,16	3,01	2,87	2,73	2,58	2,46	2,32	2,19	2,06
56	5,14	4,91	4,69	4,48	4,28	4,09	3,89	3,71	3,54	3,38	3,22	3,05	2,90	2,76	2,62	2,48	2,36	2,22	2,09	1,96
57	5,03	4,80	4,58	4,37	4,17	3,98	3,78	3,60	3,43	3,27	3,11	2,95	2,80	2,66	2,52	2,38	2,26	2,12	1,99	1,86
58	4,90	4,67	4,45	4,24	4,04	3,85	3,66	3,48	3,31	3,15	2,99	2,83	2,69	2,55	2,41	2,27	2,15	2,02	1,89	1,76
59	4,77	4,54	4,33	4,12	3,92	3,74	3,54	3,36	3,19	3,04	2,88	2,72	2,58	2,44	2,30	2,16	2,05	1,91	1,78	1,66
60	4,65	4,42	4,21	4,00	3,81	3,62	3,42	3,25	3,08	2,93	2,77	2,62	2,47	2,33	2,20	2,06	1,95	1,81	1,69	1,56
61	4,53	4,31	4,09	3,89	3,69	3,51	3,31	3,14	2,97	2,82	2,67	2,51	2,37	2,23	2,10	1,96	1,85	1,72	1,59	1,47
62	4,42	4,19	3,98	3,78	3,58	3,40	3,21	3,03	2,87	2,72	2,56	2,41	2,27	2,13	2,00	1,87	1,75	1,62	1,50	1,38
63	4,29	4,07	3,86	3,65	3,46	3,28	3,09	2,92	2,76	2,60	2,45	2,30	2,16	2,03	1,89	1,76	1,65	1,52	1,40	1,27
64	4,17	3,95	3,74	3,54	3,35	3,17	2,98	2,81	2,64	2,49	2,34	2,19	2,05	1,92	1,79	1,66	1,55	1,42	1,30	1,18
65	4,05	3,83	3,62	3,42	3,23	3,06	2,86	2,70	2,54	2,39	2,24	2,09	1,95	1,82	1,69	1,56	1,45	1,32	1,20	1,08
66	3,92	3,70	3,50	3,30	3,11	2,93	2,74	2,58	2,42	2,37	2,12	1,97	1,84	1,71	1,58	1,45	1,34	1,22	1,10	0,98
67	3,80	3,58	3,37	3,18	2,99	2,82	2,63	2,46	2,30	2,16	2,01	1,86	1,73	1,60	1,48	1,35	1,24	1,11	1,00	0,88
68	3,68	3,46	3,26	3,06	2,88	2,70	2,51	2,35	2,19	2,05	1,90	1,76	1,62	1,50	1,37	1,24	1,14	1,01	0,90	0,78
69	3,56	3,35	3,14	2,95	2,76	2,59	2,40	2,24	2,09	1,94	1,80	1,65	1,52	1,39	1,27	1,15	1,04	0,92	0,80	0,69
70	3,43	3,22	3,02	2,82	2,64	2,47	2,28	2,12	1,97	1,83	1,68	1,54	1,41	1,28	1,16	1,04	0,94	0,81	0,70	0,59
71	3,31	3,09	2,89	2,70	2,52	2,35	2,17	2,01	1,85	1,71	1,57	1,43	1,30	1,18	1,06	0,93	0,83	0,71	0,60	0,49
72	3,19	2,98	2,78	2,59	2,41	2,24	2,05	1,89	1,74	1,60	1,46	1,32	1,19	1,07	0,95	0,83	0,73	0,61	0,50	0,39
73	3,07	2,86	2,66	2,47	2,29	2,12	1,94	1,79	1,64	1,50	1,36	1,22	1,09	0,97	0,85	0,73	0,63	0,52	0,41	0,30
74	2,94	2,73	2,54	2,35	2,17	2,00	1,83	1,67	1,52	1,38	1,25	1,11	0,98	0,86	0,75	0,63	0,53	0,41	0,30	0,20
75	2,82	2,61	2,42	2,23	2,05	1,89	1,71	1,55	1,41	1,27	1,13	1,00	0,87	0,75	0,64	0,52	0,43	0,31	0,20	0,10
76	2,70	2,49	2,30	2,11	1,94	1,77	1,60	1,44	1,30	1,16	1,03	0,89	0,77	0,65	0,54	0,42	0,32	0,21	0,10	
77	2,57	2,36	2,17	1,99	1,81	1,65	1,47	1,32	1,18	1,04	0,91	0,78	0,65	0,54	0,43	0,31	0,22	0,10		
78	2,44	2,24	2,05	1,86	1,69	1,53	1,36	1,20	1,06	0,93	0,80	0,66	0,54	0,43	0,32	0,20	0,11			
79	2,31	2,11	1,91	1,73	1,56	1,40	1,23	1,08	0,94	0,81	0,68	0,55	0,42	0,31	0,20	0,09				
80	2,20	2,00	1,81	1,63	1,46	1,30	1,13	0,98	0,84	0,71	0,58	0,45	0,33	0,22	0,11					
81	2,07	1,87	1,68	1,50	1,33	1,18	1,01	0,86	0,72	0,59	0,46	0,33	0,22	0,11						
82	1,94	1,75	1,56	1,38	1,22	1,06	0,89	0,74	0,61	0,48	0,35	0,22	0,11							
83	1,82	1,62	1,44	1,26	1,10	0,94	0,77	0,63	0,49	0,37	0,24	0,12								
84	1,69	1,50	1,31	1,14	0,97	0,82	0,65	0,51	0,37	0,25	0,12									
85	1,55	1,36	1,17	1,00	0,84	0,69	0,52	0,38	0,25	0,12										
86	1,41	1,22	1,04	0,87	0,71	0,56	0,39	0,25	0,12											
87	1,28	1,09	0,91	0,74	0,58	0,43	0,27	0,13												
88	1,14	0,95	0,77	0,60	0,45	0,30	0,14													
89	0,99	0,81	0,63	0,46	0,31	0,16														
90	0,83	0,64	0,47	0,30	0,15															
91	0,67	0,49	0,32	0,15																
92	0,52	0,34	0,16																	
93	0,35	0,17																		
94	0,18																			

Tafel XII. (Fortsetzung.)

Mischung	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56
26	3,56	3,41	3,27	3,14	3,00	2,87	2,73	2,61	2,49	2,36	2,24	2,12	2,01	1,90	1,79	1,69	1,59	1,48	1,38	1,28
27	3,60	3,46	3,32	3,18	3,05	2,91	2,78	2,65	2,53	2,40	2,28	2,16	2,05	1,94	1,83	1,73	1,62	1,52	1,41	1,32
28	3,62	3,47	3,33	3,19	3,06	2,92	2,79	2,67	2,54	2,42	2,29	2,18	2,06	1,95	1,84	1,74	1,63	1,53	1,42	1,33
29	3,63	3,49	3,34	3,21	3,07	2,94	2,80	2,68	2,55	2,43	2,30	2,19	2,08	1,96	1,86	1,75	1,65	1,54	1,44	1,34
30	3,65	3,50	3,36	3,22	3,09	2,95	2,81	2,69	2,56	2,44	2,32	2,20	2,09	1,97	1,87	1,76	1,66	1,55	1,45	1,35
31	3,63	3,49	3,34	3,21	3,07	2,94	2,80	2,68	2,55	2,43	2,30	2,19	2,08	1,96	1,86	1,75	1,65	1,54	1,44	1,34
32	3,62	3,48	3,33	3,20	3,06	2,93	2,79	2,67	2,54	2,42	2,29	2,18	2,07	1,95	1,85	1,74	1,64	1,53	1,43	1,33
33	3,59	3,44	3,30	3,17	3,03	2,90	2,76	2,64	2,51	2,39	2,27	2,15	2,04	1,92	1,82	1,71	1,61	1,51	1,40	1,31
34	3,56	3,41	3,27	3,14	3,00	2,87	2,73	2,61	2,49	2,36	2,24	2,13	2,01	1,90	1,79	1,69	1,59	1,48	1,38	1,29
35	3,53	3,38	3,24	3,11	2,97	2,84	2,71	2,58	2,46	2,34	2,21	2,10	1,99	1,87	1,77	1,67	1,56	1,46	1,36	1,26
36	3,50	3,35	3,21	3,08	2,95	2,81	2,68	2,56	2,43	2,31	2,19	2,07	1,96	1,85	1,75	1,64	1,54	1,44	1,33	1,24
37	3,45	3,31	3,17	3,04	2,90	2,77	2,64	2,52	2,39	2,27	2,15	2,04	1,92	1,81	1,71	1,61	1,50	1,40	1,30	1,21
38	3,39	3,25	3,10	2,97	2,84	2,71	2,58	2,46	2,33	2,21	2,09	1,98	1,87	1,76	1,66	1,55	1,45	1,35	1,25	1,16
39	3,33	3,19	3,05	2,92	2,79	2,65	2,52	2,40	2,28	2,16	2,04	1,93	1,82	1,71	1,61	1,51	1,41	1,31	1,20	1,11
40	3,25	3,11	2,97	2,84	2,71	2,58	2,45	2,33	2,21	2,09	1,97	1,86	1,75	1,64	1,55	1,44	1,35	1,25	1,15	1,06
41	3,18	3,04	2,90	2,77	2,64	2,51	2,38	2,27	2,15	2,03	1,91	1,80	1,69	1,58	1,49	1,39	1,29	1,19	1,09	1,00
42	3,11	2,97	2,83	2,71	2,58	2,45	2,32	2,20	2,09	1,97	1,85	1,74	1,64	1,53	1,43	1,33	1,23	1,14	1,04	0,95
43	3,03	2,89	2,75	2,63	2,50	2,37	2,24	2,13	2,01	1,90	1,78	1,67	1,56	1,46	1,36	1,26	1,17	1,07	0,97	0,89
44	2,93	2,79	2,66	2,53	2,41	2,28	2,16	2,04	1,93	1,81	1,70	1,59	1,48	1,38	1,28	1,19	1,09	1,00	0,90	0,82
45	2,85	2,72	2,58	2,46	2,34	2,21	2,09	1,97	1,86	1,74	1,63	1,52	1,42	1,32	1,22	1,13	1,03	0,94	0,84	0,76
46	2,76	2,63	2,50	2,37	2,25	2,13	2,00	1,89	1,78	1,67	1,55	1,45	1,35	1,24	1,15	1,05	0,96	0,87	0,78	0,69
47	2,68	2,55	2,42	2,29	2,17	2,05	1,93	1,81	1,70	1,59	1,48	1,38	1,27	1,17	1,08	0,99	0,90	0,80	0,71	0,63
48	2,60	2,47	2,34	2,21	2,09	1,97	1,85	1,74	1,63	1,52	1,41	1,31	1,21	1,10	1,01	0,92	0,83	0,74	0,65	0,57
49	2,51	2,37	2,25	2,13	2,01	1,89	1,77	1,66	1,55	1,44	1,33	1,23	1,13	1,03	0,94	0,85	0,76	0,67	0,58	0,50
50	2,42	2,29	2,16	2,04	1,92	1,80	1,68	1,57	1,47	1,36	1,25	1,15	1,05	0,95	0,86	0,78	0,69	0,60	0,51	0,43
51	2,31	2,19	2,06	1,94	1,83	1,71	1,59	1,48	1,38	1,27	1,16	1,06	0,97	0,87	0,78	0,69	0,61	0,52	0,43	0,36
52	2,22	2,09	1,97	1,85	1,73	1,62	1,50	1,40	1,29	1,18	1,08	0,98	0,89	0,79	0,70	0,62	0,53	0,45	0,36	0,28
53	2,12	2,00	1,87	1,76	1,65	1,53	1,41	1,31	1,21	1,10	1,00	0,90	0,81	0,71	0,63	0,54	0,46	0,37	0,29	0,21
54	2,03	1,91	1,79	1,67	1,56	1,45	1,33	1,23	1,13	1,02	0,92	0,83	0,73	0,64	0,56	0,47	0,39	0,31	0,22	0,15
55	1,93	1,81	1,69	1,58	1,47	1,35	1,24	1,14	1,04	0,93	0,83	0,74	0,65	0,55	0,47	0,39	0,31	0,23	0,14	0,07
56	1,84	1,72	1,60	1,48	1,37	1,26	1,15	1,05	0,95	0,85	0,75	0,66	0,57	0,47	0,39	0,31	0,23	0,15	0,07	
57	1,74	1,62	1,50	1,39	1,29	1,18	1,07	0,97	0,87	0,77	0,67	0,58	0,49	0,40	0,32	0,24	0,16	0,08		
58	1,64	1,52	1,40	1,30	1,19	1,08	0,97	0,87	0,77	0,68	0,58	0,49	0,40	0,31	0,23	0,16	0,08			
59	1,54	1,42	1,31	1,20	1,09	0,99	0,88	0,78	0,68	0,59	0,49	0,40	0,32	0,23	0,15	0,08				
60	1,45	1,33	1,21	1,11	1,00	0,90	0,79	0,70	0,60	0,50	0,41	0,32	0,24	0,15	0,08					
61	1,35	1,24	1,12	1,02	0,91	0,81	0,70	0,61	0,52	0,42	0,33	0,24	0,16	0,07						
62	1,26	1,15	1,04	0,93	0,83	0,73	0,62	0,53	0,44	0,34	0,25	0,17	0,08							
63	1,16	1,05	0,94	0,84	0,74	0,63	0,53	0,44	0,35	0,26	0,16	0,08								
64	1,07	0,96	0,85	0,75	0,65	0,54	0,44	0,35	0,26	0,17	0,08									
65	0,97	0,86	0,75	0,66	0,56	0,46	0,36	0,27	0,18	0,09										
66	0,87	0,76	0,66	0,56	0,46	0,36	0,26	0,18	0,09											
67	0,77	0,67	0,56	0,46	0,37	0,27	0,17	0,09												
68	0,68	0,57	0,47	0,37	0,28	0,18	0,08													
69	0,59	0,48	0,38	0,28	0,19	0,09														
70	0,48	0,38	0,28	0,19	0,09															
71	0,39	0,28	0,18	0,09																
72	0,29	0,19	0,09																	
73	0,20	0,10																		
74	0,10																			

Tafel XII. (Schluß.)

Mischung	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36
26	1,19	1,10	1,01	0,93	0,85	0,76	0,69	0,61	0,55	0,49	0,42	0,37	0,31	0,25	0,21	0,16	0,12	0,09	0,05	0,03
27	1,21	1,13	1,05	0,96	0,88	0,79	0,72	0,64	0,58	0,52	0,45	0,40	0,33	0,28	0,23	0,19	0,14	0,11	0,07	0,05
28	1,24	1,14	1,06	0,97	0,89	0,80	0,73	0,65	0,59	0,52	0,46	0,40	0,34	0,28	0,24	0,20	0,15	0,12	0,08	0,06
29	1,25	1,15	1,07	0,98	0,90	0,81	0,74	0,66	0,60	0,53	0,47	0,41	0,35	0,29	0,25	0,20	0,16	0,12	0,09	0,06
30	1,26	1,16	1,08	0,99	0,91	0,82	0,75	0,67	0,61	0,54	0,48	0,42	0,36	0,30	0,26	0,21	0,17	0,13	0,10	0,07
31	1,25	1,15	1,07	0,98	0,90	0,81	0,74	0,66	0,60	0,53	0,47	0,41	0,35	0,29	0,25	0,20	0,16	0,12	0,09	0,06
32	1,24	1,14	1,06	0,97	0,89	0,80	0,73	0,65	0,59	0,53	0,46	0,41	0,34	0,29	0,24	0,20	0,15	0,12	0,08	0,06
33	1,21	1,12	1,04	0,95	0,87	0,78	0,71	0,63	0,57	0,51	0,44	0,39	0,32	0,27	0,22	0,18	0,13	0,10	0,07	0,04
34	1,19	1,10	1,01	0,93	0,85	0,76	0,69	0,61	0,55	0,49	0,42	0,37	0,31	0,25	0,21	0,16	0,12	0,09	0,05	0,03
35	1,17	1,07	0,99	0,91	0,83	0,74	0,67	0,59	0,53	0,47	0,40	0,35	0,29	0,23	0,19	0,15	0,10	0,07	0,04	0,01
36	1,15	1,05	0,97	0,89	0,81	0,72	0,65	0,58	0,51	0,45	0,39	0,33	0,27	0,22	0,17	0,13	0,09	0,06	0,02	
37	1,11	1,02	0,94	0,86	0,77	0,69	0,62	0,55	0,48	0,42	0,36	0,31	0,25	0,19	0,15	0,11	0,06	0,03		
38	1,07	0,97	0,89	0,81	0,73	0,65	0,58	0,51	0,44	0,38	0,32	0,27	0,21	0,16	0,11	0,07	0,03			
39	1,02	0,93	0,85	0,77	0,69	0,61	0,54	0,47	0,41	0,35	0,29	0,23	0,17	0,12	0,08	0,04				
40	0,97	0,88	0,80	0,72	0,64	0,56	0,49	0,42	0,36	0,30	0,24	0,19	0,13	0,08	0,04					
41	0,91	0,82	0,75	0,67	0,59	0,51	0,44	0,37	0,31	0,25	0,19	0,15	0,09	0,04						
42	0,86	0,77	0,70	0,62	0,54	0,46	0,39	0,33	0,27	0,21	0,15	0,11	0,05							
43	0,80	0,71	0,64	0,56	0,48	0,41	0,34	0,27	0,22	0,16	0,10	0,06								
44	0,73	0,64	0,57	0,49	0,42	0,34	0,28	0,21	0,16	0,10	0,05									
45	0,67	0,59	0,52	0,44	0,37	0,29	0,23	0,16	0,11	0,05										
46	0,61	0,52	0,45	0,38	0,31	0,23	0,17	0,11	0,05											
47	0,55	0,46	0,39	0,32	0,25	0,18	0,11	0,05												
48	0,49	0,41	0,34	0,26	0,19	0,12	0,06													
49	0,42	0,34	0,27	0,20	0,13	0,06														
50	0,35	0,27	0,21	0,14	0,07															
51	0,28	0,20	0,13	0,07																
52	0,21	0,13	0,07																	
53	0,14	0,06																		
54	0,07																			

Tafel XIII.

Verdünnungstabelle nach Gay-Lussac.

Normaltemperatur 15° C. = 12° R.

1000 Volume Weingeist von:	Gewünschter Volumprocentgehalt des verdünnten Weingeistes.																			
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
31	33																			
32	67	32																		
33	100	65	31																	
34	134	97	63	30																
35	167	129	94	61	30															
36	201	162	126	91	59	29														
37	234	194	157	122	89	58	28													
38	268	227	189	153	119	86	56	27												
39	302	260	220	183	148	115	84	55	27											
40	335	292	252	214	178	144	112	82	53	26										
41	369	325	284	245	208	173	140	109	80	52	25									
42	403	358	315	275	238	202	169	137	107	78	51	25								
43	437	390	347	306	268	231	197	164	134	104	76	50	24							
44	471	423	379	337	298	261	225	192	160	130	102	75	49	24						
45	505	456	411	368	328	290	254	220	187	157	127	99	73	47	23					
46	539	489	443	399	358	319	282	247	214	183	153	124	97	71	46	23				
47	573	522	474	430	388	348	310	275	241	209	179	149	122	95	70	46	22			
48	607	555	506	461	418	377	339	303	268	235	204	174	146	119	93	68	45	22		
49	641	588	538	492	448	407	367	330	295	262	230	200	171	143	116	91	67	44	21	
50	675	621	570	523	478	436	396	358	322	288	256	225	195	167	140	114	89	66	43	21
51	709	654	602	554	508	465	424	386	349	314	281	250	220	191	163	137	112	87	64	42
52	743	687	634	585	539	495	453	414	376	341	307	275	244	215	187	160	134	110	86	63
53	777	720	666	616	569	524	482	412	403	367	333	300	269	239	210	183	157	132	107	84
54	811	753	699	647	599	553	510	469	431	394	359	325	293	263	234	206	179	153	129	105
55	846	786	731	679	629	583	539	497	458	420	385	350	318	287	257	229	202	176	151	127
56	880	820	763	700	660	613	568	525	485	447	411	376	343	311	281	252	224	198	172	148
57	914	853	795	741	690	642	596	553	512	473	436	401	367	335	305	275	247	220	194	169
58	949	886	827	772	721	672	625	581	540	500	462	426	392	359	328	298	269	242	216	190
59	983	919	860	804	751	701	654	609	567	527	488	452	417	384	352	321	292	264	237	212
60	1017	953	892	835	781	731	683	637	594	553	514	477	442	408	375	345	315	286	259	233
61	1052	986	924	867	812	760	711	665	622	580	540	503	467	432	399	368	338	309	281	254
62	1086	1019	957	898	842	790	740	694	649	607	566	528	491	456	423	391	360	331	303	276
63	1121	1053	989	929	873	820	769	722	676	633	593	554	516	481	447	414	383	353	325	297
64	1155	1086	1022	961	904	850	798	750	704	660	619	579	541	505	471	438	406	376	346	318
65	1190	1120	1054	992	934	879	827	778	731	687	645	605	566	529	494	461	429	398	368	340
66	1224	1153	1086	1024	965	909	856	806	759	714	671	630	591	554	518	484	451	420	390	361
67	1259	1187	1119	1055	995	939	885	834	786	741	697	656	616	578	542	508	474	443	412	383
68	1293	1220	1151	1087	1026	969	914	863	814	767	723	681	641	603	566	531	497	465	434	404
69	1328	1254	1184	1118	1056	998	943	891	841	794	750	707	666	627	590	554	520	487	456	426
70	1363	1287	1216	1150	1087	1028	972	919	869	821	776	732	691	652	614	578	543	510	478	447
71	1397	1321	1249	1182	1118	1058	1001	948	897	848	802	758	716	676	638	601	566	532	500	469
72	1432	1354	1282	1213	1149	1088	1030	977	924	875	828	784	741	701	662	625	589	555	522	491
73	1467	1388	1314	1245	1180	1118	1060	1005	952	902	855	810	767	725	686	648	612	578	544	512
74	1502	1422	1347	1277	1211	1148	1089	1033	980	929	881	835	792	750	710	672	635	600	567	534
75	1536	1456	1380	1309	1241	1178	1118	1061	1008	956	908	861	817	775	734	695	658	623	589	556
76	1571	1489	1413	1340	1272	1208	1147	1089	1035	983	934	887	842	799	758	719	681	645	611	578
77	1606	1523	1445	1372	1303	1238	1177	1118	1063	1011	961	913	867	824	782	743	705	668	633	599
78	1641	1557	1478	1404	1334	1268	1206	1147	1091	1038	987	939	893	849	807	766	728	691	655	621
79	1676	1591	1511	1436	1365	1299	1235	1175	1119	1065	1014	965	918	873	831	790	751	713	678	643
80	1711	1625	1544	1468	1396	1329	1265	1204	1147	1092	1040	991	943	898	855	813	774	736	700	665
81	1746	1658	1577	1500	1427	1359	1294	1233	1175	1119	1067	1017	969	923	879	837	797	759	722	687
82	1781	1692	1610	1532	1458	1389	1323	1261	1203	1147	1093	1043	994	948	904	861	821	782	745	709
83	1816	1726	1643	1564	1489	1419	1353	1290	1231	1174	1120	1069	1020	973	928	885	844	805	767	731
84	1851	1760	1676	1596	1521	1450	1382	1319	1259	1201	1147	1095	1045	998	952	909	867	828	789	753
85	1886	1794	1709	1628	1552	1480	1412	1348	1287	1229	1173	1121	1071	1023	977	933	891	851	812	775
86	1921	1828	1742	1660	1583	1510	1442	1376	1315	1256	1200	1147	1096	1048	1001	957	914	874	834	797
87	1956	1863	1775	1692	1614	1541	1471	1405	1343	1284	1227	1173	1122	1073	1026	981	938	897	857	819
88	1992	1897	1808	1724	1645	1571	1501	1434	1371	1311	1254	1200	1147	1098	1050	1005	961	920	880	841
89	2027	1931	1841	1757	1677	1602	1531	1463	1400	1339	1281	1226	1173	1123	1075	1029	985	943	902	863
90	2062	1966	1875	1789	1708	1633	1561	1492	1428	1367	1308	1252	1199	1148	1100	1053	1009	966	925	886

Tafel XIII. (Fortsetzung.)

1000 Volume Weingeist von:	Gewünschter Volumprocentgehalt des verdünnten Weingeistes. 50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
51	21																								
52	41	20																							
53	62	41	20																						
54	83	61	40	19																					
55	103	81	60	39	19																				
56	124	102	80	59	38	19																			
57	145	122	100	78	58	38	19																		
58	166	142	120	99	77	57	37	18																	
59	187	163	140	118	96	76	56	37	18																
60	208	183	160	137	116	95	74	55	36	18															
61	229	204	180	157	135	114	93	73	54	35	17														
62	250	225	200	177	155	133	112	92	72	53	35	17													
63	271	245	221	197	174	152	131	110	90	71	52	34	17												
64	292	266	241	217	194	171	150	128	109	89	70	52	34	17											
65	313	286	261	237	213	190	168	147	127	107	88	69	51	33	16										
66	334	307	281	256	233	209	187	166	145	125	105	86	68	50	33	16									
67	355	328	301	276	252	229	206	184	163	143	123	104	85	67	49	32	16								
68	376	348	322	296	272	248	225	203	181	160	140	121	102	84	66	49	32	16							
69	397	369	342	316	291	267	244	221	200	178	158	138	119	101	82	65	48	32	16						
70	418	390	362	336	311	286	263	240	218	196	176	156	136	117	99	81	64	47	31	15					
71	439	411	383	356	331	306	282	259	236	214	193	173	153	134	116	98	80	63	47	31	15				
72	460	431	403	376	350	325	301	277	255	232	211	191	171	151	132	114	97	79	63	46	30	15			
73	482	452	424	396	370	344	320	296	273	251	229	208	188	168	149	131	113	95	78	62	46	30	15		
74	503	473	444	416	390	364	339	315	291	269	247	226	205	185	166	147	129	111	94	77	61	45	30	15	
75	524	494	465	437	409	383	358	333	310	287	265	243	222	202	183	164	145	127	110	93	76	60	45	29	14
76	546	515	485	457	429	403	377	352	328	305	283	261	240	219	199	180	162	143	126	109	92	75	60	44	29
77	567	536	506	477	449	422	396	371	347	323	300	278	257	236	216	197	178	159	142	124	107	91	75	59	44
78	588	557	527	497	469	442	415	390	365	341	318	296	274	253	233	213	194	176	157	140	123	106	90	74	58
79	610	578	547	517	489	461	434	409	384	360	336	314	292	271	250	230	211	192	173	155	138	121	105	88	73
80	631	599	568	538	509	481	454	428	402	378	354	331	309	288	267	247	227	208	189	171	153	136	120	103	87
81	653	620	588	558	529	500	473	447	421	396	372	349	327	305	284	263	243	224	205	187	169	152	135	118	102
82	674	641	609	578	549	520	492	465	440	415	390	367	344	322	301	280	260	240	221	203	184	167	150	133	117
83	696	662	630	599	569	540	512	485	458	433	409	385	362	339	318	297	276	256	237	218	200	182	165	148	131
84	717	683	651	619	589	559	531	504	477	451	427	403	379	357	335	313	293	273	253	234	216	198	180	163	146
85	739	705	671	640	609	579	550	523	496	470	445	421	397	374	352	330	309	289	269	250	231	213	195	178	161
86	761	726	692	660	629	599	570	542	515	488	463	438	415	391	369	347	326	305	285	266	247	229	211	193	176
87	782	747	713	681	649	619	589	561	534	507	481	456	432	409	386	364	343	322	302	282	263	244	226	208	191
88	804	769	734	701	669	639	609	580	553	526	500	474	450	426	403	381	359	338	318	298	279	260	241	223	206
89	826	790	755	722	690	659	629	600	572	544	518	493	468	444	421	398	376	355	334	314	295	275	257	239	221
90	848	812	777	743	710	679	648	619	591	563	537	511	486	462	438	415	393	372	351	331	311	291	273	254	236

Tafel XIII. (Schluß.)

1000 Volume Weingeist von:	Gewünschter Volumprocentgehalt des verdünnten Weingeistes. 75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
76	14														
77	29	14													
78	43	28	14												
79	57	43	28	14											
80	72	57	42	28	14										
81	86	71	56	42	27	14									
82	101	85	70	56	41	27	13								
83	116	100	85	70	55	41	27	13							
84	130	114	99	84	69	55	40	27	13						
85	145	129	113	98	83	68	54	40	26	13					
86	159	143	127	112	97	82	68	54	40	26	13				
87	174	158	142	126	111	96	81	67	53	39	26	13			
88	189	172	156	140	125	110	95	81	66	53	39	26	13		
89	204	187	171	155	139	124	109	94	80	66	52	39	26	13	
90	219	202	185	169	153	138	123	108	94	79	66	52	39	26	13

So bequem die Werthbestimmung von Flüssigkeiten dem Maße nach im Kleinhandel ist, ebenso große Schwierigkeiten bietet sie doch beim Verkehr im Großen, indem es kaum möglich ist, sich eine irgendwie sichernde Controle über das gelieferte Quantum zu verschaffen. Ein Faß, dessen Inhalt durch Aichen mit dem Quartmaße oder durch Berechnung seines Cubikinhalts mit dem Visirstabe bestimmt ist, wird mit Spiritus gefüllt verkauft. Da aber, der unvermeidlichen Ausdehnung des Spiritus wegen, das Faß nie ganz bis zum Spunde gefüllt werden kann, so hat man nie einen sicheren Anhalt über das darin enthaltene Quantum. Aber selbst das Ausmessen und die Berechnung nach dem Cubikinhalte bieten solche Schwierigkeiten, daß dabei stets Differenzen von 8 bis 10 Proc. des Inhalts vorkommen. Aus diesem Grunde hat man in neuerer Zeit allgemein die Gewichtsbestimmung zu Grunde gelegt und nach dem gefundenen Gewicht die demselben entsprechenden Quarte berechnet.

Es wird dabei das Gewicht eines preuß. Quarts destillirten Wassers von $12^4/_9{}^0$ R. zu 2,288001 Pfd. (à 500 Grm.) angenommen, wonach 1 Pfd. Wasser derselben Temperatur 0,4370627 Quart entspricht. Hat man daher ein beliebiges Gewicht Spiritus gekauft, so multiplicirt man das Gewicht mit 0,4370627 und dividirt mit dem specifischen Gewicht, welches der wahren Stärke entspricht, um die Zahl der Quarte zu finden.

Es seien z. B. 6231 Pfd. Spiritus gekauft, die bei 6^0 R. 88 Proc. zeigen. Die Tafel VII. ergiebt zunächst die wahre Stärke zu 90 Proc.; Tafel V. giebt das specifische Gewicht des 90procentigen Spiritus zu 0,8339, wofür genau genug 0,834 gerechnet werden mag, es sind demnach die 6231 Pfd. =

$$\frac{6231\ .\ 0{,}4370627}{0{,}834} = 3265{,}4 \text{ Quart}$$

multiplicirt man diese mit 90, so erhält man die Quartprocente der Lieferung, hier also 3265,4 . 90 = 293886.

Auch dieser Berechnungen ist man durch Tabellen überhoben. Die Tafel XIV. dient zur Reduction des gefundenen Gewichts auf Quarte, indem sie bei den verschiedenen Alkoholstärken das Verhältniß eines Pfundes und seiner Multipla zum Quart angiebt.

Tafel XV. giebt unmittelbar den Gehalt an absolutem Alkohol in einem Pfund und seiner Multipla im Verhältniß zum Quart an. Durch Verrückung des Decimalkommas und Addition findet man unmittelbar die gesuchten Zahlen.

Die obigen 6231 Pfd. 90procentiger Spiritus sind demnach nach Tafel XIV. Quarte und enthalten nach Tafel XV. folgende Mengen von Quarten absolutem Alkohol:

		Quart 90proc. Spiritus Tafel XIV.		Quart absoluter Alkohol Tafel XV.
6000 Pfd.		3144,7		2830,2
200 „		104,82		94,34
30 „		15,724		14,151
1 „		0,5241		0,4717
6231 Pfd.	=	3265,7681	=	2939,1627

Durch die oben ausgeführte Rechnung war gefunden 3265,4 Quart 90procentiger Spiritus und 2938,86 Quart absoluter Alkohol, beide Angaben stimmen daher fast absolut überein und würden ein noch schärferes Resultat gegeben haben, wenn nicht bei der obigen Berechnung die vierte Decimalstelle des specifischen Gewichts abgekürzt wäre.

Tafel XIV.

Reduction von Pfunden Spiritus auf Quart Spiritus nach ihrer wahren Stärke bei $12^4/_9{}^0$ R. Nach Brix.

Zollpfund.	32 Proc.	33 Proc.	34 Proc.	35 Proc.	36 Proc.	37 Proc.	38 Proc.	39 Proc.	40 Proc.	41 Proc.	42 Proc.
1	0,4538	0,4544	0,4550	0,4557	0,4563	0,4569	0,4577	0,4584	0,4591	0,4599	0,4607
2	0,9076	0,9088	0,9101	0,9113	0,9125	0,9139	0,9153	0,9168	0,9183	0,9198	0,9214
3	1,3614	1,3633	1,3651	1,3670	1,3688	1,3708	1,3730	1,3751	1,3774	1,3798	1,3821
4	1,8152	1,8177	1,8201	1,8226	1,8251	1,8278	1,8306	1,8335	1,8366	1,8397	1,8428
5	2,2690	2,2721	2,2752	2,2783	2,2814	2,2847	2,2883	2,2919	2,2957	2,2996	2,3035
6	2,7228	2,7265	2,7302	2,7339	2,7376	2,7416	2,7459	2,7503	2,7549	2,7595	2,7642
7	3,1767	3,1810	3,1853	3,1896	3,1939	3,1986	3,2036	3,2086	3,2140	3,2194	3,2249
8	3,6305	3,6354	3,6403	3,6452	3,6502	3,6555	3,6613	3,6670	3,6732	3,6794	3,6856
9	4,0843	4,0899	4,0953	4,1009	4,1064	4,1125	4,1189	4,1254	4,1323	4,1393	4,1463

Zollpfund.	43 Proc.	44 Proc.	45 Proc.	46 Proc.	47 Proc.	48 Proc.	49 Proc.	50 Proc.	51 Proc.	52 Proc.	53 Proc.
1	0,4615	0,4624	0,4632	0,4641	0,4650	0,4659	0,4668	0,4678	0,4688	0,4698	0,4708
2	0,9230	0,9248	0,9265	0,9282	0,9300	0,9318	0,9337	0,9356	0,9376	0,9396	0,9416
3	1,3846	1,3872	1,3897	1,3924	1,3950	1,3977	1,4005	1,4034	1,4064	1,4094	1,4125
4	1,8461	1,8496	1,8529	1,8565	1,6800	1,8636	1,8674	1,8712	1,8752	1,8792	1,8833
5	2,3076	2,3120	2,3162	2,3206	2,3050	2,3295	2,3342	2,3390	2,3440	2,3490	2,3541
6	2,7691	2,7744	2,7794	2,7847	2,7901	2,7954	2,8011	2,8068	2,8128	2,8188	2,8249
7	3,2307	3,2368	3,2426	3,2488	3,2551	3,2613	3,2679	3,2746	3,2816	3,2887	3,2957
8	3,6922	3,6992	3,7059	3,7130	3,7201	3,7272	3,7348	3,7424	3,7504	3,7585	3,7666
9	4,1537	4,1616	4,1691	4,1771	4,1851	4,1931	4,2016	4,2102	4,2192	4,2283	4,2374

Tafel XIV. (Schluß.)

Zollpfund.	54 Proc.	55 Proc.	56 Proc.	57 Proc.	58 Proc.	59 Proc.	60 Proc.	61 Proc.	62 Proc.	63 Proc.	64 Proc.
1	0,4718	0,4729	0,4740	0,4751	0,4762	0,4774	0,4785	0,4797	0,4808	0,4820	0,4833
2	0,9437	0,9458	0,9480	0,9501	0,9524	0,9547	0,9570	0,9593	0,9616	0,9641	0,9665
3	1,4155	1,4187	1,4220	1,4252	1,4286	1,4321	1,4355	1,4390	1,4425	1,4461	1,4498
4	1,8873	1,8916	1,8959	1,9003	1,9048	1,9094	1,9140	1,9186	1,9233	1,9281	1,9331
5	2,3592	2,3646	2,3699	2,3753	2,3810	2,3868	2,3925	2,3983	2,4041	2,4102	2,4163
6	2,8310	2,8375	2,8439	2,8504	2,8572	2,8641	2,8710	2,8779	2,8849	2,8922	2,8996
7	3,3029	3,3104	3,3179	3,3255	3,3334	3,3415	3,3495	3,3576	3,3657	3,3743	3,3828
8	3,7747	3,7833	3,7919	3,8005	3,8097	3,8188	3,8280	3,8372	3,8465	3,8563	3,8661
9	4,2465	4,2562	4,2659	4,2756	4,2859	4,2962	4,3065	4,3169	4,3274	4,3383	4,3494

Zollpfund.	65 Proc.	66 Proc.	67 Proc.	68 Proc.	69 Proc.	70 Proc.	71 Proc.	72 Proc.	73 Proc.	74 Proc.	75 Proc.
1	0,4845	0,4858	0,4871	0,4884	0,4897	0,4911	0,4925	0,4939	0,4953	0,4967	0,4982
2	0,9690	0,9716	0,9742	0,9768	0,9794	0,9822	0,9849	0,9877	0,9905	0,9934	0,9964
3	1,4535	1,4574	1,4613	1,4652	1,4691	1,4733	1,4774	1,4816	1,4858	1,4902	1,4946
4	1,9380	1,9431	1,9483	1,9536	1,9588	1,9643	1,9699	1,9754	1,9810	1,9869	1,9928
5	2,4225	2,4289	2,4354	2,4420	2,4485	2,4554	2,4623	2,4693	2,4763	2,4836	2,4910
6	2,9070	2,9147	2,9225	2,9303	2,9382	2,9465	2,9548	2,9631	2,9615	2,9803	2,9891
7	3,3915	3,4005	3,4096	3,4187	3,4279	3,4376	3,4473	3,4570	3,4668	3,4770	3,4873
8	3,8759	3,8863	3,8967	3,9071	3,9177	3,9287	3,9397	3,9508	3,9620	3,9737	3,9855
9	4,3604	4,3721	4,3838	4,3955	4,4074	4,3198	4,4322	4,4447	4,4573	4,4705	4,4937

Zollpfund.	76 Proc.	77 Proc.	78 Proc.	79 Proc.	80 Proc.	81 Proc.	82 Proc.	83 Proc.	84 Proc.	85 Proc.	86 Proc.
1	0,4997	0,5012	0,5028	0,5044	0,5059	0,5076	0,5092	0,5109	0,5126	0,5144	0,5163
2	0,9993	1,0024	1,0056	1,0088	1,0118	1,0151	1,0184	1,0218	1,0252	1,0389	1,0325
3	1,4990	1,5037	1,5083	1,5132	1,5178	1,5227	1,5277	1,5327	1,5379	1,5433	1,5488
4	1,9987	2,0049	2,0111	2,0176	2,0237	2,0303	2,0369	2,0435	2,0505	2,0577	2,0650
5	2,4984	2,5061	2,5139	2,5220	2,5296	2,5378	2,5461	2,5544	2,5631	2,5722	2,5813
6	2,9980	3,0073	3,0167	3,0264	3,0355	3,0454	3,0553	3,0653	3,0757	3,0866	3,0975
7	3,4977	3,5085	3,5194	3,5308	3,5414	3,5529	3,5645	3,5762	3,5884	3,6010	3,6138
8	3,9974	4,0098	4,0222	4,0352	4,0473	4,0605	4,0737	4,0871	4,1010	4,1155	4,1300
9	4,4970	4,5110	4,5250	4,5396	4,5534	4,5681	4,5830	4,5980	4,6136	4,6299	4,6463

Zollpfund.	87 Proc.	88 Proc.	89 Proc.	90 Proc.	91 Proc.	92 Proc.	93 Proc.	94 Proc.	95 Proc.
1	0,5181	0,5200	0,5220	0,5241	0,5262	0,5284	0,5306	0,5329	0,5354
2	1,0362	1,0400	1,0440	1,0482	1,0524	1,0567	1,0612	1,0659	1,0707
3	1,5543	1,5600	1,5660	1,5724	1,5786	1,5851	1,5918	1,5988	1,6060
4	2,0724	2,0800	2,0880	2,0965	2,1048	2,1135	2,1224	2,1318	2,1414
5	2,5905	2,6000	2,6100	2,6206	2,6310	2,6418	2,6530	2,6647	2,6767
6	3,1086	3,1200	3,1319	3,1447	3,1572	3,1702	3,1836	3,1976	3,2121
7	3,6266	3,6400	3,6539	3,6688	3,6834	3,6986	3,7142	3,7306	3,7475
8	4,1447	4,1600	4,1759	4,1930	4,2096	4,2269	4,2449	4,2635	4,2828
9	4,6628	4,6800	4,7979	4,7171	4,7358	4,7553	4,7755	4,7964	4,8182

Tafel XV.

Reduction von Pfunden Spiritus auf Quart absoluten Alkohol, nach ihrer wahren Stärke bei $12^4/_9{}^0$ R. Nach Brix.

Zollpfund.	32 Proc.	33 Proc.	34 Proc.	35 Proc.	36 Proc.	37 Proc.	38 Proc.	39 Proc.	40 Proc.	41 Proc.	42 Proc.
1	0,1452	0,1500	0,1547	0,1595	0,1643	0,1691	0,1739	0,1788	0,1837	0,1886	0,1935
2	0,2904	0,2999	0,3094	0,3190	0,3285	0,3381	0,3478	0,3575	0,3673	0,3771	0,3870
3	0,4357	0,4499	0,4641	0,4784	0,4928	0,5072	0,5217	0,5363	0,5510	0,5657	0,5805
4	0,5709	0,5998	0,6189	0,6379	0,6570	0,6763	0,6956	0,7151	0,7746	0,7543	0,7740
5	0,7261	0,7498	0,7736	0,7974	0,8213	0,8454	0,8695	0,8938	0,9183	0,9428	0,9675
6	0,8713	0,8998	0,9283	0,9569	0,9855	1,0144	1,0435	1,0726	1,1020	1,1314	1,1610
7	1,0165	1,0497	1,0830	1,1163	1,1498	1,1835	1,2174	1,2514	1,2856	1,3200	1,3544
8	1,1617	1,1997	1,2377	1,2758	1,3141	1,3525	1,3913	1,4301	1,4693	1,5805	1,5479
9	1,3070	1,3496	1,3924	1,4353	1,4783	1,5216	1,5652	1,6089	1,6529	1,6971	1,7414

Tafel XV. (Schluß.)

Zollpfund.	43 Proc.	44 Proc.	45 Proc.	46 Proc.	47 Proc.	48 Proc.	49 Proc.	50 Proc.	51 Proc.	52 Proc.	53 Proc.
1	0,1985	0,2035	0,2085	0,2315	0,2186	0,2236	0,2288	0,2339	0,2391	0,2443	0,2495
2	0,3969	0,4069	0,4169	0,4270	0,4371	0,4473	0,4575	0,4678	0,4782	0,4886	0,4991
3	0,5954	0,6104	0,6254	0,6405	0,6557	0,6709	0,6863	0,7017	0,7173	0,7329	0,7486
4	0,7938	0,8134	0,8338	0,8540	0,8742	0,8945	0,9150	0,9356	0,9564	0,9772	0,9981
5	0,9923	1,0173	1,0423	1,0675	1,0928	1,1182	1,1438	1,1695	1,1954	1,2215	1,2477
6	1,1907	1,2207	1,2507	1,2810	1,3113	1,3418	1,3725	1,4034	1,4345	1,4658	1,4972
7	1,3892	1,4242	1,4592	1,4945	1,5299	1,5654	1,6013	1,6373	1,6736	1,7101	1,7467
8	1,5876	1,6277	1,6676	1,7080	1,7484	1,7891	1,8300	1,8712	1,9127	1,9544	1,9963
9	1,7861	1,8311	1,8761	1,9215	1,9670	2,0127	2,0588	2,1051	2,1518	2,1987	2,2458

Zollpfund.	54 Proc.	55 Proc.	56 Proc.	57 Proc.	58 Proc.	59 Proc.	60 Proc.	61 Proc.	62 Proc.	63 Proc.	64 Proc.
1	0,2548	0,2601	0,2654	0,2708	0,2762	0,2816	0,2871	0,2926	0,2981	0,3037	0,3093
2	0,5096	0,5202	0,5309	0,5416	0,5524	0,5633	0,5742	0,5852	0,5962	0,6074	0,6186
3	0,7644	0,7803	0,7963	0,8124	0,8286	0,8449	0,8613	0,8778	0,8943	0,9110	0,9279
4	1,0192	1,0404	1,0617	1,0832	1,1048	1,1265	1,1484	1,1704	1,1924	1,2147	1,2372
5	1,2740	1,3005	1,3272	1,3539	1,3810	1,4082	1,4355	1,4630	1,4905	1,5184	1,5464
6	1,5287	1,5606	1,5926	1,6247	1,6572	1,6898	1,7226	1,7555	1,7886	1,8221	1,8557
7	1,7835	1,8207	1,8580	1,8955	1,9334	1,9715	2,0097	2,0481	2,0867	2,1258	2,1650
8	2,0383	2,0808	2,1235	2,1663	2,2096	2,2531	2,2968	2,3407	2,3849	2,4295	2,4743
9	2,2931	2,3409	2,3889	2,4371	2,4858	2,5347	2,5839	2,6333	2,6830	2,7331	2,7836

Zollpfund.	65 Proc.	66 Proc.	67 Proc.	68 Proc.	69 Proc.	70 Proc.	71 Proc.	72 Proc.	73 Proc.	74 Proc.	75 Proc.
1	0,3149	0,3206	0,3263	0,3321	0,3379	0,3438	0,3497	0,3556	0,3615	0,3676	0,3736
2	0,6298	0,6412	0,6527	0,6642	0,6758	0,6875	0,6993	0,7112	0,7231	0,7351	0,7473
3	0,9448	0,9619	0,9790	0,9963	1,0137	1,0313	1,0490	1,0667	1,0846	1,1027	1,1209
4	1,2597	1,2825	1,3054	1,3284	1,3516	1,3750	1,3986	1,4223	1,4461	1,4703	1,4946
5	1,5746	1,6031	1,6317	1,6605	1,6895	1,7188	1,7483	1,7779	1,8077	1,8379	1,8682
6	1,8895	1,9237	1,9580	1,9926	2,0274	2,0625	2,0979	2,1335	2,1692	2,2054	2,2420
7	2,2045	2,2443	2,2843	2,3247	2,3653	2,4063	2,4476	2,4890	2,5307	2,5730	2,6155
8	2,5194	2,5650	2,6107	2,6569	2,7032	2,7501	2,7972	2,8446	2,8923	2,9406	2,9891
9	2,8343	2,8856	2,9370	2,9890	3,0401	3,0938	3,1469	3,2002	3,2538	3,3081	3,3628

Zollpfund.	76 Proc.	77 Proc.	78 Proc.	79 Proc.	80 Proc.	81 Proc.	82 Proc.	83 Proc.	84 Proc.	85 Proc.	86 Proc.
1	0,3798	0,3859	0,3922	0,3985	0,4047	0,4111	0,4176	0,4240	0,4306	0,4373	0,4440
2	0,7595	0,7719	0,7843	0,7970	0,8095	0,8223	0,8351	0,8481	0,8612	0,8745	0,8880
3	1,1393	1,1578	1,1765	1,1954	1,2142	1,2334	1,2527	1,2721	1,2918	1,3118	1,3319
4	1,5190	1,5438	1,5687	1,5939	1,6189	1,6445	1,6702	1,6961	1,7224	1,7491	1,7759
5	1,8988	1,9297	1,9608	1,9924	2,0237	2,0557	2,0878	2,1202	2,1530	2,1864	2,2199
6	2,2785	2,3156	2,3530	2,3909	2,4284	2,4668	2,5053	2,5442	2,5836	2,6236	2,6639
7	2,6583	2,7016	2,7452	2,7893	2,8331	2,8780	2,9229	2,9682	3,0142	3,0609	3,1079
8	3,0380	3,0875	3,1373	3,1878	3,2379	3,2891	3,3405	3,3923	3,4448	3,4982	3,5518
9	3,4178	3,4735	3,5295	3,5863	3,5426	3,7002	3,7580	3,8163	3,8754	3,9354	3,9957

Zollpfund.	87 Proc.	88 Proc.	89 Proc.	90 Proc.	91 Proc.	92 Proc.	93 Proc.	94 Proc.	95 Proc.
1	0,4507	0,4576	0,4646	0,4717	0,4788	0,4861	0,4935	0,5010	0,5086
2	0,9015	0,9152	0,9291	0,9434	0,9577	0,9722	0,9869	1,0019	1,0172
3	1,3522	1,3728	1,3937	1,4151	1,4365	1,4583	1,4804	1,5029	1,5258
4	1,8030	1,8304	1,8583	1,8868	1,9154	1,9444	1,9739	2,0038	2,0343
5	2,2537	2,2880	2,3229	2,3585	2,3942	2,4305	2,4673	2,5048	2,5429
6	2,7044	2,7456	2,7874	2,8302	2,8731	2,9166	2,9608	3,0058	3,0515
7	3,1552	3,2032	3,2520	3,3019	3,3519	3,4027	3,4543	3,5067	3,5601
8	3,6059	3,6608	3,7166	3,7737	3,8307	3,8888	3,9477	4,0077	4,0687
9	4,0567	4,1184	4,1811	4,2454	4,3096	4,3749	4,4412	4,5087	4,5773

Zur Bestimmung des Alkoholgehalts in solchen Flüssigkeiten, die außer Wasser und Alkohol noch andere Substanzen enthalten, giebt es manche verschiedene Methoden.

In schwachen alkoholischen Flüssigkeiten, deren specifisches Gewicht durch die Anwesenheit fremder Substanzen höher als das des Wassers ist, bestimmt man wohl den Alkoholgehalt am leichtesten mittelst des Saccharometers, indem man aus der scheinbaren und der wirklichen Attenuation die Differenz zieht und nach dieser den Alkoholgehalt nachweist, wie oben bei der Attenuationslehre beschrieben ist.

Bei dieser Methode bestimmt man den Alkoholgehalt durch die Differenz der specifischen Gewichte vor und nach dem Kochen der Flüssigkeit; fast ebenso leicht kann man aber auch den Alkohol direct bestimmen, indem man die Flüssigkeit destillirt und das Destillat alkoholometrisch untersucht.

Zu dem Zweck mißt oder wägt man ein bestimmtes Quantum der Flüssigkeit und bringt es in eine Retorte oder Kolben, die mit einem Kühlapparat und Vorlage so verbunden ist, daß während der Destillation keine Dämpfe entweichen können. Man erhitzt dann zum Kochen und unterhält dieses, bis man sicher ist, daß aller Alkohol abdestillirt ist. Bei der Untersuchung aller Flüssigkeiten, deren Alkoholgehalt 16 Proc. nicht übersteigt, also z. B. Weine mit Ausnahme der sehr starken spanischen 2c. genügt es, wenn man ein Drittel des Volums der Flüssigkeit überdestillirt, bei höherem Alkoholgehalt muß man die Destillation weiter treiben. Hat man den Alkoholgehalt z. B. in Liqueuren, also in Flüssigkeiten von hohem Alkoholgehalt, die außerdem eine große Menge Zucker enthalten, zu prüfen, so thut man am besten, dieselben vor der Destillation mit Wasser in bestimmtem Verhältniß zu verdünnen, indem man z. B. 1 Th. der Flüssigkeit abwägt und genau 2 Th. Wasser hinzufügt. Der Alkoholgehalt des Destillats ist dann u verdreifachen, um ihn auf den Alkoholgehalt der Flüssigkeit zu bringen. Durch die Verdünnung erreicht man den Vortheil, daß man nicht so weit zu destilliren braucht und doch sicher ist, allen Alkohol in der Vorlage zu haben, und außerdem daß man nicht zu befürchten braucht, durch Ueberhitzung des Zuckers bei der Beendigung der Destillation Zersetzungsproducte des Zuckers im Destillat zu haben, wodurch dieses verunreinigt werden und ein höheres specifisches Gewicht zeigen würde, als ihm zukäme.

Da man unter keinen Umständen die Gesammtmenge der angewandten Flüssigkeit in der Vorlage bekommt, sondern nur einen gewissen Theil derselben, so muß man das Verhältniß des Destillats zu der angewandten Flüssigkeit zunächst feststellen. Es kann geschehen, indem man das Destillat in das Gefäß zurückgießt, in welchem man die Flüssigkeit vor der Destillation abgewogen hat, und durch Zusatz von Wasser das ursprüngliche Gewicht wieder herstellt, wobei man einen Theil des zur Verdünnung erforderlichen Wassers zum Ausspülen der Vorlage benutzt; oder indem man das Destillat in das Maßgefäß zurückbringt und darin wieder bis zu dem Punkt, welchen die Flüssigkeit vor der Destillation einnahm, auffüllt. In diesem Falle giebt das Alkoholometer, unter Berücksichtigung der Temperatur und Reduction auf wahre Stärke, direct den Alkoholgehalt der zu untersuchenden Flüssigkeit.

Bei sehr verdünnten alkoholischen Flüssigkeiten benutzt man zugleich die Destillation als eine Rectification, um den Alkoholgehalt im Destillat zu concentriren. Man wendet dann am besten eine genau gewogene Vorlage an, deren Gewicht man nach beendigter Destillation von dem Gewicht des mit der Vorlage gewogenen Destillats abzieht. Bestimmt man dann mittelst des Alkoholometers die wahre Stärke des Destillats, so findet man durch einfache Rechnung den Alkoholgehalt der ursprünglichen Flüssigkeit.

Die ursprüngliche Flüssigkeit habe a Grm., das Destillat b Grm. gewogen, letzteres habe 15 Volumprocente Alkoholgehalt, so ist

$$b : a = 15 : x \text{ oder } \frac{15 \,.\, a}{b}$$

Will man den Alkoholgehalt in Gewichtsprocenten wissen, so reducirt man die gefundenen Volumprocente nach Tafel VI. auf Gewichtsprocente.

Es sind noch verschiedene andere Methoden in Vorschlag gebracht, um den Alkoholgehalt weingeistiger Flüssigkeiten auf leichte Weise bestimmen zu können, die mehr oder weniger brauchbar sind.

Unter dem Namen Ebullioskope oder Siedpunkt-Alkoholometer sind Instrumente verfertigt, mit denen der Siedpunkt der Flüssigkeiten bestimmt wird und die hiernach die Angaben unmittelbar in Alkoholprocenten geben, gegründet auf die Siedpunktdifferenz von Weingeist und Wasser. Es gehören hierher die Instrumente von Ure, Broissard-Vidal und Tabarié. Sie leiden aber unstreitig an zwei Mängeln, nämlich zunächst daran, daß in einer gemischten Flüssigkeit der Eintritt des Siedpunkts sehr schwer genau zu bestimmen ist und daß der Siedpunkt sich verändert, sobald in Folge der Verdunstung das Mischungsverhältniß wenn auch nur in geringem Maße verändert wird; sodann aber auch, daß alle in weingeistigen Flüssigkeiten gelösten Substanzen ändernd auf den Siedpunkt einwirken und daher den Alkoholgehalt geringer erscheinen lassen, als er wirklich ist. Die so erlangten Zahlen sind jedenfalls nur als Annäherungen zu betrachten.

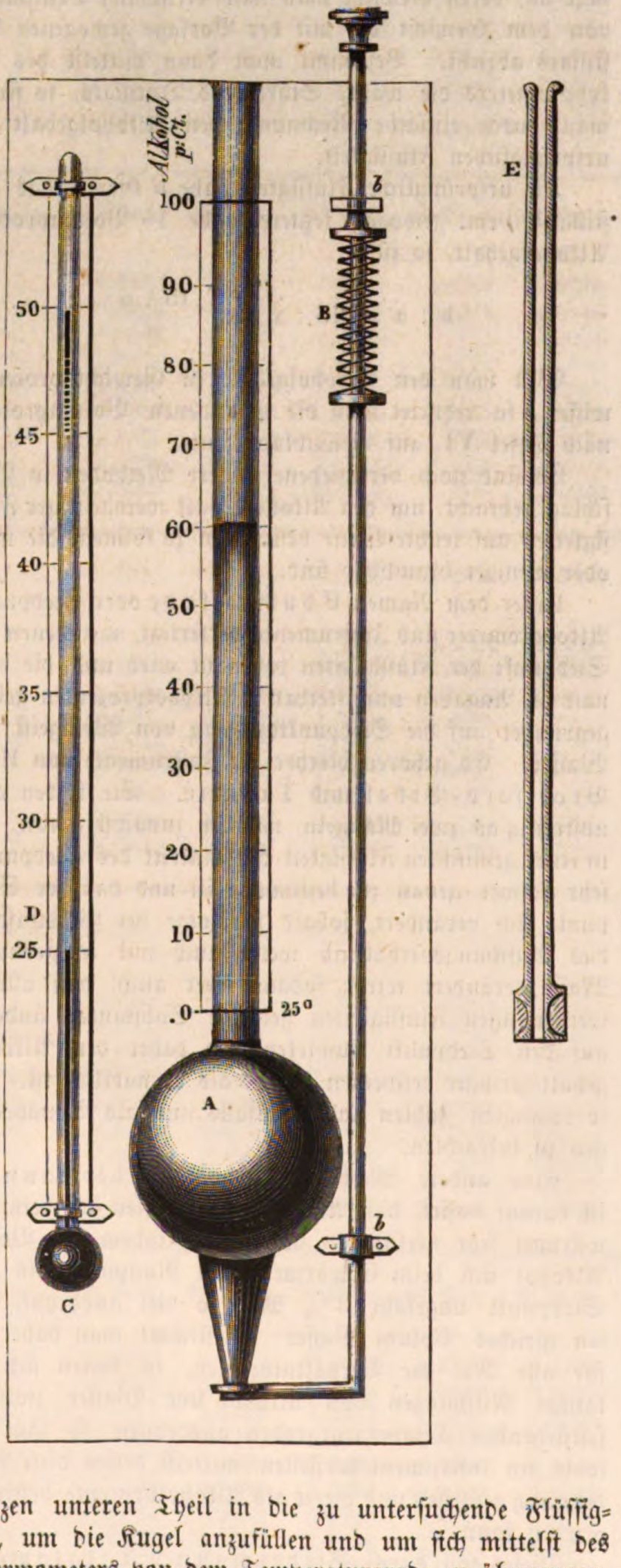
Eine andere Methode — von Silbermann — ist darauf basirt, daß Alkohol und Wasser sich beim Erwärmen sehr verschieden ausdehnen, indem ein Volum Alkohol sich beim Erwärmen vom Nullpunkt bis zum Siedpunkt ungefähr $3\frac{1}{3}$ Mal so viel ausdehnt, wie ein gleiches Volum Wasser. Bestimmt man daher ein für alle Mal die Verhältnißzahlen, in denen sich bekannte Mischungen von Alkohol und Wasser zwischen feststehenden Temperaturgraden ausdehnen, so läßt sich leicht ein Instrument herstellen, mittelst dessen diese Ausdehnung gemessen und direct als Alkoholprocente bestimmt werden kann.

Dieses soll durch Silbermann's Dilatometer erreicht werden. Er ist in Fig. 91 dargestellt.

Der Hauptheil des Apparats besteht aus einer Glaskugel, die oben mit einer langen Röhre und unten mit einer kürzeren Röhre, von denen die letztere durch ein Ventil luftdicht verschlossen werden kann, versehen ist. Sie ist an

einer Metallplatte befestigt, woran sich außerdem noch ein Thermometer, welches von 25 bis 50° C. graduirt ist, und das zum Schließen dienende Ventil mit seiner Stange befindet. Vor der Prüfung taucht man den

Fig. 91.



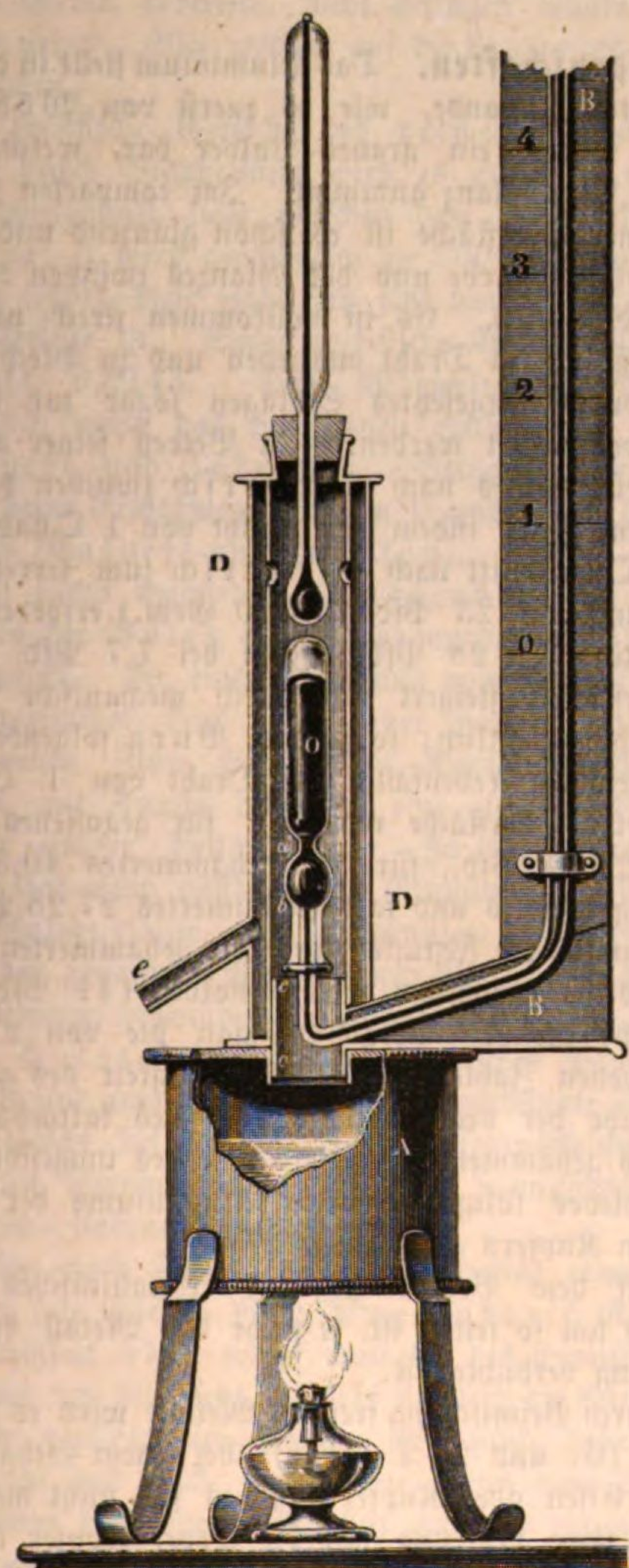
ganzen unteren Theil in die zu untersuchende Flüssigkeit, um die Kugel anzufüllen und um sich mittelst des Thermometers von dem Temperaturgrade zu überzeugen. Die Expansion des destillirten Wassers zwischen 25 und 50° ist an dem Stamme der Kugel durch die Zahlen 25 und 50 bezeichnet; bei ersterer Zahl liegt der Nullpunkt der Scala, welche die Expansion der verschiedenen alkoholischen Flüssigkeiten von 0 bis 100 Proc. zwischen 25 und 50° C. bezeichnet. Das untere Ende von A wird durch ein Ventil von Kork oder Kautschuk geschlossen. Das Ventil ist an einer Stange bb befestigt, die auf der Metallplatte auf- und abwärts beweglich ist; durch die Feder B wird ein solcher Druck ausgeübt, daß das Ventil stets geschlossen ist, wenn man nicht auf den am oberen Theile der Stange befindlichen Knopf drückt. Man öffnet zuerst das Ventil und läßt die Flüssigkeit in die Kugel und einen Theil des Stammes treten; da die Liquida aber stets eine größere oder geringere Menge Gase absorbirt haben, so ist es unbedingt nöthig, diese zu entfernen, weil sie sonst einen Einfluß auf die Expansion haben würden. Dieses geschieht am besten, indem man die Luft über der Flüssigkeit verdünnt; zu diesem Zwecke dient das Piston E, welches luftdicht in das Innere der Röhre paßt. Das Piston ist inwendig hohl, man kann es aber schließen, indem man den Finger fest auf das obere Ende aufdrückt. Nachdem die Kugel gefüllt ist, schließt man das Ventil und schiebt das Piston in die Röhre, bis es die Flüssigkeit berührt, dann verschließt man es oben mit dem Finger und zieht es in die Höhe; durch das entstehende Vacuum wird die Luft aus allen Theilen der Flüssigkeit in Form von kleinen Bläschen ausgetrieben. Wenn man das Aussaugen einige Male wiederholt, so wird man bald den Punkt erreichen, wo sämmtliche Luft entfernt ist; dann bringt man die Kugel in ein Wasserbad, welches allmälig bis auf 25° erwärmt wird. Sobald die Flüssigkeit einige Minuten lang bei dieser Temperatur erhalten ist, öffnet man das Ventil vorsichtig und läßt tropfenweise so viel von der Flüssigkeit ausfließen, bis das Niveau derselben gerade bei dem Nullpunkt der Scala befindlich ist; dann fährt man fort zu erwärmen, bis die Temperatur auf 50° C. gestiegen ist. Der Stand der Flüssigkeit bei dieser Temperatur giebt unmittelbar den Procentgehalt an Alkohol an, und zwar in Volum- oder Gewichtsprocenten, je nachdem die Scala graduirt ist.

Diese Methode läßt sich für alle spirituösen Flüssigkeiten anwenden; die im Wein, Branntwein oder Bier enthaltenen vegetabilischen Substanzen oder Salze haben keinen wesentlichen Einfluß auf das Resultat, da alle Lösungen von Salzen u. s. w. in Wasser bei den angegebenen Temperaturen denselben Expansionsgrad wie Wasser haben. Man wird wohl nie in käuflichen Flüssigkeiten Substanzen finden, welche ein größeres Ausdehnungsvermögen als Alkohol, oder ein kleineres als Wasser haben. Die Temperaturen 25 und 50° C. wurden deshalb gewählt, weil die zu prüfenden Liquida selbst im Sommer stets eine niedrigere Temperatur als 25° haben und daher mit Leichtigkeit auf die richtige Wärme gebracht werden können; der zweite Grad wurde deshalb genommen, weil bei höherer Temperatur ein Verdampfen des Alkohols stattfinden könnte, welches das Resultat des Experiments ungenau machen würde, außerdem ist die Expansion zwischen diesen beiden Graden am größten.

Geißler's Vaporimeter ist auf die verschiedene Tension oder Spannkraft von Wasser- und Alkoholdämpfen basirt. Da die Tension des Alkoholdampfes weit größer als die des Wasserdampfes ist, so wird ein Gemisch

beider Dämpfe einer um so höheren Quecksilbersäule das Gleichgewicht halten, je größer der Alkoholgehalt ist. Ist die Tension solcher Gemische durch Versuche festgestellt, so läßt sich eine Scala construiren, auf der die jedesmalige Höhe einer Quecksilbersäule unmittelbar den Procentgehalt an Alkohol angiebt. Das Vaporimeter besteht aus dem Fläschchen O (Fig. 92), in welches

Fig. 92.



die lange gebogene Röhre B luftdicht eingeschliffen ist; einem Kessel A, in welchem Wasser durch die darunter gestellte Spirituslampe zum Sieden gebracht werden kann, und dem doppelten Cylinder D, der das Fläschchen umgiebt und durch den die Wasserdämpfe aus A ihren Weg nehmen müssen. Alle Theile des Apparats sind so gearbeitet, daß sie mit Leichtigkeit aus einander genommen werden können, aber dennoch luftdicht schließen, sobald sie in einander gefügt sind. Wenn man sich des Vaporimeters bedienen will, entfernt man zuerst den Cylinder D, nimmt dann das Fläschchen O mit der Röhre B, welche durch eine Messingplatte bei cc auf A befestigt sind, ab und bringt das Fläschchen durch eine einfache Drehung in seine natürliche Lage, so daß die Mündung aufwärts gerichtet ist, darauf zieht man auch die Röhre B heraus. Das Fläschchen ist durch zwei Striche bei a und b in zwei ungleich große Theile getheilt; man füllt die untere Abtheilung zuerst genau bis a mit Quecksilber und gießt dann so viel von der zu prüfenden Flüssigkeit auf das Quecksilber, daß auch der zweite Raum bis b gefüllt wird, dann verschließt man die Flasche durch die Röhre B und befestigt diesen Theil des Apparats wieder auf A; jetzt befindet sich die Flüssigkeit an dem verschlossenen Ende der Flasche, daher können beim späteren Erhitzen keine Dämpfe entweichen, sie üben dann einen Druck auf das Quecksilber, welches die Communication mit der äußeren Luft absperrt, aus und pressen dieses in die Röhre B, welche an einer metallenen Scala befestigt ist; die Erhitzung geschieht auf die Weise, daß man den Cylinder D über die Flasche schiebt und dann das Wasser in dem Kessel zum Sieden bringt, die Wasserdämpfe steigen in dem inneren Cylinder in die Höhe, erwärmen den Inhalt des Fläschchens, gehen durch die beiden im oberen Theile angebrachten Löcher in den äußeren Cylinder und entweichen endlich bei e in die Atmosphäre. Sobald das Thermometer, welches in dem Cylinder angebracht ist, genau 100° C. zeigt, wird der Stand des Quecksilbers in der Röhre B constant werden; man liest darauf den Punkt genau an der Scala ab und erfährt dadurch sogleich den Gehalt der Flüssigkeit bis zu 0,1 Proc., denn der Raum zwischen dem Nullpunkt der Scala, welcher reinem Wasser entspricht, und dem höchsten Punkte, welcher reinen Alkohol bezeichnet, ist in 1000 Th. getheilt.

Dieser Apparat läßt sich zur Bestimmung des Alkoholgehalts in jeder spirituösen Flüssigkeit anwenden; für völlig ausgegohrene Flüssigkeiten, in welchen keine freie Kohlensäure enthalten ist, kann man die Flüssigkeit direct anwenden. Extracte, Zucker, Gummi u. s. w. beeinträchtigen die Resultate nicht. Allein da es wohl selten Wein, Bier oder sonstige gegohrene Flüssigkeiten geben mag, welche keine freie Kohlensäure enthalten, so muß man diesen frisch gebrannten Kalk in feinem Pulver zusetzen. Dieser absorbirt nicht nur die Kohlensäure, sondern schlägt auch noch diejenigen Stoffe nieder, aus welchen sich Gase entbinden könnten, die sonst das Resultat ungenau machen würden. Die mit dem gebrannten Kalk gemischte Flüssigkeit wird gut umgeschüttelt und filtrirt, oder durch Decantation vom Bodensatze getrennt und erst dann der Prüfung unterworfen.

Stohmann.

Aluminium.

Al Atomgewicht 13,7 (äquivalent mit $1\frac{1}{2}$ H)
oder al Atomgewicht 9,1 (äquivalent mit H).

Im Jahre 1827 entdeckte Wöhler das Aluminium. Er stellte es dar durch Zersetzung des Chloraluminiums mit Kalium bei gelinder Glühhitze, wobei es sich als graues Metallpulver abschied. In diesem Zustande nahm es beim Reiben mit dem Polirstahl Metallglanz an und konnte in seinen Eigenschaften studirt werden. Die Heftigkeit der Einwirkung des Kaliums auf das Chloraluminium und die damals noch schwierige Darstellung von größeren Mengen der Substanzen verhinderten die Darstellung von dichtem Aluminium, da das im pulverförmigen Zustande abgeschiedene und in einer, im Verhältniß zu seiner geringen Quantität, großen Masse Chlorkalium vertheilte Metall sich nicht zu Kügelchen vereinen konnte. Als Wöhler 1845 das Studium dieses Metalls wieder aufnahm, ließ er dampfförmiges Chloraluminium durch erhitztes Kalium zersetzen und erhielt dabei Metallkugeln von Stecknadelknopfgröße, von schönem silberartigen Glanz. Sie ließen sich hämmern, waren dehnbar und hatten im gewöhnlichen Zustande 2,5 spec. Gew., durch Hämmern wurden sie bis zu 2,67 spec. Gew. verdichtet.

Es war damit die Entdeckung des ersten Erdmetalls vollständig beendigt. Seine chemischen und physikalischen Eigenschaften waren festgestellt, seine Darstellung war leicht und einem Jeden möglich geworden. So ruhte dieser damals nur für die Wissenschaft interessante Körper, bis er im Jahre 1854 von Henry Sainte-Claire Deville scheinbar zum zweiten Male entdeckt wurde. Wenn auch das Verdienst der Entdeckung einzig und allein für Wöhler in Anspruch genommen werden muß, so war es doch Deville vorbehalten, mit richtigem Blick sofort die allgemeine Anwendbarkeit des neuen Metalls zu erkennen und seine Darstellungsmethode so zu modificiren, daß es jetzt im Großen gewonnen werden kann. Es wurden ihm zu seinen Arbeiten anfangs Mittel von der Pariser Akademie, später in umfangreicherem Maße vom Kaiser Napoleon zur Verfügung gestellt. Größere Quantitäten des Metalls wurden dem Publicum zuerst in der Industrieausstellung zu Paris 1855 gezeigt.

Vorkommen. In der Natur findet sich das Aluminium nie gediegen, wohl aber und zwar in größter Menge, in Verbindung mit Sauerstoff als Thonerde, die in Verbindung mit Kieselsäure einen Bestandtheil der größten Zahl der Gesteinsmassen der Erdrinde und deren Verwitterungsproducte ausmacht. In reinem Zustande findet die Thonerde sich in den als Edelsteinen geschätzten Mineralien, im Sapphir, Korund und Rubin. Außerdem kommt das Aluminium nur mit Fluor vereinigt vor, im Kryolith, der namentlich auf Grönland ein mächtiges Lager bildet, und im Topas, einem seltenen, zu den Edelsteinen gerechneten Mineral, welcher aus kieselsaurer Thonerde mit Fluoraluminium und Fluorsilicium besteht. Ein anderes seltneres Mineral ist der Wawellit, phosphorsaure Thonerde mit Fluoraluminium.

Eigenschaften. Das Aluminium stellt in dem feinvertheilten Zustande, wie es zuerst von Wöhler erhalten wurde, ein graues Pulver dar, welches beim Reiben Metallglanz annimmt. Im compacten Zustande bei reiner Oberfläche ist es schön glänzend und steht in Betracht der Farbe und des Glanzes zwischen dem Silber und Platin. Es ist vollkommen streck- und dehnbar, läßt sich zu Draht ausziehen und zu Blech walzen, kann durch fortgesetztes Schlagen sogar zur dünnsten Folie verarbeitet werden. In Betreff seiner absoluten Festigkeit steht es nach Karmarsch zwischen dem Zink und dem Zinn, indem ein Draht von 1 Quadratmillimeter Querschnitt nach Karmarsch zum Zerreißen eine Belastung von 23 Pfd. (à 500 Grm.) erfordert, während Zink bei 28 Pfd., Zinn bei 7,7 Pfd. zerreißt. Die Festigkeit steigert sich durch mechanische Bearbeitung sehr wesentlich; so fand v. Burg folgende Zerreißungsgewichte (ebenfalls auf Draht von 1 Quadratmillimeter Oberfläche reducirt): für gegossenes Aluminium 21,94 Pfd., für kalt gehämmertes 40,55 Pfd., für umgegossenes und kalt gehämmertes 27,28 Pfd. Es ist demnach die Festigkeit des kalt gehämmerten Metalls der des hartgezogenen feinen Goldes (41 Pfd. Karmarsch) gleich. Vergleicht man die von v. Burg angegebenen Zahlen, so ist die Festigkeit des gegossenen sehr nahe der des Messings, die des kaltgehämmerten der des gehämmerten Kupfers, die des umgeschmolzenen und wieder kaltgehämmerten Aluminiums der des gegossenen Kupfers gleich.

Auf dem Bruche zeigt es krystallinisches Gefüge, welches um so feiner ist, je mehr das Metall durch Bearbeitung verdichtet ist.

Durch Beimischung fremder Metalle wird es hart und spröde (C. und A. Tissier), bei einem Gehalt von 5 Proc. Eisen oder Kupfer läßt es sich nicht mehr bearbeiten, seine Legirung mit 10 Proc. Kupfer ist spröde wie Glas und schwärzt sich an der Luft. Eine Legirung von 5 Th. Silber mit 100 Th. Aluminium läßt sich noch wie reines Aluminium bearbeiten und ist politurfähiger. Mit einem Zusatz von 10 Proc. Gold bleibt es vollkommen hämmerbar, wird dadurch härter, erreicht aber nicht die Härte der Silberlegirung. Durch Zusatz von 0,1 Proc. Wismuth wird es so spröde, daß es selbst nach dem Ausglühen keine Bearbeitung verträgt. Kupfer mit 5 Proc. Aluminium legirt, ist härter als Münzgold und vollkommen hämmerbar. Mit 10 Proc. Aluminium wird es sehr hart, bleibt hämmerbar und bekommt durch Poliren einen Glanz wie Stahl und hat die Farbe des mit Silber legirten Goldes, welche man als grünes Gold bezeichnet. Diese Le-

girung hat seitdem mannigfache Anwendung gefunden und wird Aluminiumbronze genannt. Debray fand bei seinen Versuchen den Einfluß fremder Beimischungen etwas, jedoch nicht sehr wesentlich, abweichend, seine Angaben sind namentlich in Betreff des Eisengehalts verschieden, indem nach ihm ein Eisengehalt von 7 bis 8 Proc. noch keine wesentlichen Veränderungen hervorbringt und diese erst bei höherem Gehalt eintreten. Die durch fremde Metalle herbeigeführte Sprödigkeit macht es vollkommen erklärlich, daß es Karmarsch, der mit unreinem Metall arbeitete, nicht gelingen wollte, feine Drähte zu ziehen. Wir werden auf die Legirungen später zurückkommen.

Das specifische Gewicht des reinen Aluminiums ist 2,56, durch Bearbeitung wird es auf 2,67 erhöht. Sein Schmelzpunkt liegt zwischen dem des Zinks und des Silbers; er wird gewöhnlich zu 700° angenommen, ohne daß jedoch diese Zahl bis jetzt durch directe Versuche festgestellt ist. Seine specifische Wärme ist nach Regnault 0,2143. Sein Wärmeleitungsvermögen ist = 665, wenn das des reinen Silbers = 1000 ist (Calvert und Johnson). Seine lineare Ausdehnung beim Erwärmen zwischen 0 und 100° beträgt 0,002218 (Calvert und Johnson).

Es ist kaum magnetisch (Poggendorff). Seine Stellung in der Volta'schen Reihe wurde von Wheatstone geprüft. In einer Auflösung von Aetzkali ist es negativ gegenüber dem Zink, aber positiv gegenüber dem Cadmium, Zinn, Blei, Eisen, Kupfer und Platin. Besonders mit Kupfer bildet es eine ziemlich kräftige Kette von einiger Beständigkeit. In Salzsäure sind Zink und Cadmium positiv gegen Aluminium. In verdünnter Salpetersäure und verdünnter Schwefelsäure sind von den genannten Metallen nur Platin und Kupfer dem Aluminium gegenüber elektronegativ.

Nach Hulot bewirkt ein galvanisches Paar von Aluminium und amalgamirtem Zink, in verdünnte Schwefelsäure getaucht, beträchtliche Wasserstoffentwickelung und erregt einen Strom, dessen Intensität wenigstens dem eines Platin-Zinkpaars gleichkommt.

Es leitet nach Deville die Elektricität etwa acht Mal besser wie Eisen. Nach Poggendorff ist seine Leitungsfähigkeit 51,3, wenn man die des chemisch reinen Kupfers = 100 setzt. Buff verglich die Leitungswiderstände verschiedener Metalle und fand dabei für gleiche Länge und Dicke der Drähte, wenn man Silber im Maximum der Leitungsfähigkeit = 100 nimmt, für chemisch reines Kupfer 106, für weiches aus Kryolith dargestelltes, fast reines Aluminium 200, für sprödes käufliches Aluminium 211, für weiches Eisen 211.

Nach Matthiessen ist das elektrische Leitungsvermögen des Aluminiums 33,76 bei 19,6°, wenn das des Silbers bei 0° = 100 ist. Arndsten hat den Leitungswiderstand bei verschiedenen Temperaturen bestimmt und mit Kupfer von 0° verglichen; er bediente sich dazu zwei verschiedener Sorten Aluminium: A. in Göttingen aus Kryolith reducirt, B. von Paris bezogen.

	0°	100°	200°
Kupfer	100,00	136,89	173,78
Aluminium A	174,98	238,65	302,32
Aluminium B	194,13	260,29	326,45

An der Luft verändert das Aluminium sich nicht, es behält den ihm eigenthümlichen Glanz, ohne Oxydation zu erleiden. Selbst das zu den dünnsten Blättchen ausgehämmerte Metall, wie es von Degousse in Paris dargestellt wird, hält sich lange unverändert. Nach einer Mittheilung von v. Bibra soll das Blattaluminium dagegen in sehr kurzer Zeit oxydirt werden; diese Verschiedenheit der Angaben über das Verhalten kann wohl nur erklärt werden, wenn man annimmt, daß das benutzte Metall nicht völlig rein gewesen und durch die Gegenwart fremder Metalle die Oxydation beschleunigt sei *).

In kochendem Wasser wird das compacte Aluminium nicht verändert. Im fein vertheilten Zustande, wie man es nach der ersten Wöhler'schen Methode erhält, und als Blattaluminium wird es jedoch beim Kochen in Wasser unter Wasserstoffentwickelung oxydirt, die sich dabei ausscheidende Thonerde ist so dicht, daß sie von verdünnter Salzsäure nicht gelöst wird (Wöhler).

Beim Erhitzen und Schmelzen an der Luft oxydirt sich das Aluminium nicht. Nur in der Oxydationsflamme des Löthrohrs verbrennt es zu Thonerde. Direct läßt es sich nur schwierig in Sauerstoff entzünden, es verbrennt aber mit großer Lichtentwickelung, wenn man in eine Kugelröhre ein Stückchen Kohle und Blattaluminium bringt. Erhitzt man dann, so wird durch die Verbrennung der Kohle so viel Wärme frei, daß das Metall sich entzündet und die dabei gebildete Thonerde zu einem Kügelchen von der Härte des Korunds zusammenschmilzt (Wöhler).

Das Blattaluminium verbrennt schon in der Flamme der Spirituslampe (Degousse).

Beim Erhitzen bis zur Weißgluth oxydirt sich das Aluminium nur oberflächlich. Es zersetzt beim Schmelzen Kupferoxyd und Bleioxyd unter Explosion, Eisenoxyd nur theilweise, die Oxyde von Zink und Mangan nicht. Mit salpetersaurem Kali zum Rothglühen erhitzt, verbrennt es; mit schwefelsaurem Kali oder Natron erhitzt, bringt es eine starke Detonation hervor. Beim Erhitzen mit kohlensaurem Kali wird es oxydirt unter Ausscheidung von Kohle. Borsaure und kieselsaure Alkalien greifen es an unter Ausscheidung von Bor und Kiesel (Tissier).

In Chlorgas entzündet sich das Blattaluminium nicht (Wöhler).

Es löst sich unter Wasserstoffentwickelung mit der größten Leichtigkeit in Salzsäure. In verdünnter Schwefelsäure löst es sich nur sehr langsam; beim Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure löst es sich langsam durch Zersetzung der Schwefelsäure in schweflige Säure. Es wird weder von verdünnter, noch von concentrirter Salpetersäure, weder in der Kälte, noch beim Erhitzen angegriffen, indem es in Berührung mit dieser Säure sofort in den passiven Zustand (Deville, Heeren, Buff) übergeht.

Gegen Essigsäure verhält es sich wie gegen verdünnte

*) Das Blattaluminium ist vom Goldschläger Kühny in Augsburg zu beziehen und wird pro Buch von 252 Blatt mit 3 Gulden bezahlt.

Schwefelsäure. In einem Gemisch von Essig und Kochsalz wird es nur wenig stärker angegriffen.

In Aetznatron und Aetzkaliflüssigkeit löst es sich unter Freiwerden von Wasserstoff und Bildung von Aluminaten. Schmelzendes Kalihydrat zersetzt es nicht.

In Lösungen von manchen schwefelsauren und salpetersauren Metallsalzen scheint das Aluminium ebenfalls in den passiven Zustand überzugehen. Es läßt sich dieses aus einer Beobachtung von Tissier folgern, nach welcher schwefelsaures und salpetersaures Kupferoxyd nicht durch Aluminium zersetzt werden, während es aus Kupferchlorid, oder aus einer Lösung der obigen Salze, wenn sie mit Kochsalz gemischt werden, metallisches Kupfer fällt. Salpetersaures Silberoxyd wird dagegen nach Hirzel vollständig durch Aluminium reducirt.

Unter gewöhnlichen Umständen läßt sich das Aluminium nicht amalgamiren, es wird vom Quecksilber ebenso wenig, wie Eisen und Platin benetzt. Nach Cailletet geht es aber leicht eine Verbindung mit Quecksilber ein, wenn man es trocken mit Ammoniumamalgam oder unter Zusatz von Wasser mit Natriumamalgam behandelt. Er schreibt dem dabei frei werdenden Wasserstoffgase eine die Amalgamation einleitende Rolle zu. Nach Tissier ist es jedoch nur erforderlich, das Aluminium mit Natronlösung zu befeuchten und es so in Quecksilber zu tauchen, um augenblicklich eine Amalgamation zu haben. Durch einen dünnen Ueberzug von Amalgam werden alle Eigenschaften des Aluminiums verändert. An der Luft oxydirt sich das Amalgam augenblicklich, verliert seinen Glanz und verwandelt sich unter Erwärmung in Thonerde und Quecksilber. Durch Wasser wird es sofort in Thonerde und Quecksilber verwandelt. Von Salpetersäure wird es mit Heftigkeit angegriffen.

Darstellung und **Fabrikation.** Die Aluminiumgewinnung ist bis jetzt noch verhältnißmäßig beschränkt, wegen der mannigfachen dabei zu überwindenden Schwierigkeiten; doch ist man schon dahin gekommen, Quantitäten davon in den Handel zu bringen, die allerdings höchst unbedeutend sind im Vergleich zu der großen Anwendungsfähigkeit des Metalls, die aber doch hinreichen, um das Aluminium, von dessen Existenz früher nur die Chemiker wußten, und von denen auch nur wenige es je gesehen hatten, zu einem allgemein bekannten Metall zu machen, in dessen Besitz sich Jeder leicht setzen kann. Soll das Aluminium, wie es sehr zu wünschen ist, zu etwas Anderem als zur Darstellung von Modeartikeln und zur Anfertigung wissenschaftlicher Instrumente verwandt werden, so muß seine Gewinnung noch bedeutend vereinfacht, womöglich mit billigeren Rohstoffen ausführbar werden. Im Princip arbeitet man noch heute nach derselben Methode wie Wöhler im Jahre 1827; nur durch die in neuerer Zeit verbesserten Gewinnungsmethoden des Natriums ist es möglich geworden, dieselben Operationen so im Großen auszuführen, daß einige Fabriken im Stande sind, täglich einige Pfunde des neuen Metalls zu liefern. Wenn man dem Aluminium nicht jede Zukunft absprechen will, so muß man den heutigen Standpunkt seiner Fabrikation als den ersten Anfang einer neuen Industrie betrachten und die allmälige Entwickelung derselben abwarten. Ebenso wie der Besitz und Gebrauch des Glases lange Zeit ein Privilegium der Reichsten war, während es jetzt einen nicht mehr zu entbehrenden Gegenstand des täglichen Lebens ausmacht, so müssen wir auch erwarten, daß dieser neue Industriezweig sich gewaltig entfalten wird, und zwar, bei den großartigen uns jetzt zu Gebote stehenden Hülfsmitteln, in kurzer Zeit. Es kann daher die Beschreibung der Darstellung und Fabrikation des Aluminiums nur als eine historische Skizze bezeichnet werden, und es wird gerechtfertigt sein, diese vom ersten Versuche an zu verfolgen.

Der erste Gedanke an die Abscheidbarkeit eines Metalls aus der Thonerde ging von Davy aus. Er versuchte im Jahre 1807 die Thonerde durch den elektrischen Strom zu zersetzen, ohne jedoch dabei zu einem Resultate zu kommen. Die Unmöglichkeit dieser Zersetzung ist in neuerer Zeit bestätigt. Im Jahre 1824 stellte Oersted das Chloraluminium dar und versuchte es mit Kaliumamalgam zu zersetzen; er erhielt dabei einen Körper, der bei der Destillation Quecksilber abgab, unter Zurücklassung eines weißen, glänzenden, dem Zinn ähnlichen Metallklumpens. Wöhler wiederholte, auf Oersted's Veranlassung, diese Versuche 1827, konnte dabei aber dieses weiße Metall nicht wieder erhalten. Das Mißlingen der Wöhler'schen Versuche war nicht zu mißdeuten, so lange man von der Ansicht ausging, daß das Aluminium unter keinen Umständen amalgamationsfähig sei (s. oben). Was dann der Metallklumpen Oersted's gewesen sei, bleibt räthselhaft. Seitdem aber durch Cailletet und Tissier die leichte Amalgamirung des Aluminiums, sobald es mit Natriumamalgam und Wasser, oder nur mit Natronhydrat und Quecksilber zusammenkommt, nachgewiesen ist, so ist es mehr als fraglich, ob nicht wirklich Oersted der Erste gewesen ist, der Aluminiumamalgam und compactes Aluminium in den Händen gehabt hat. Es wäre dieses dadurch zu erklären, daß Oersted mit einem Chloraluminium gearbeitet habe, welches etwas Feuchtigkeit enthielt, während Wöhler mit absolut trocknen Substanzen operirte und folglich kein Amalgam erhalten konnte, da die Gegenwart des Wassers dazu erforderlich ist; oder indem das Kaliumamalgam, dessen Oersted sich bediente, durch Zersetzung einer Kalilösung durch den elektrischen Strom, nach der Methode von Davy, gewonnen war, und noch etwas wäßriges Kali enthielt, wodurch die Amalgambildung des reducirten Aluminiums eingeleitet wurde.

Wöhler erhielt darauf das Aluminium, indem er Chloraluminium und Kalium in einem kleinen Porzellantiegel über einander schichtete, den Deckel des Tiegels mit einem Draht befestigte, weil sonst die Masse durch die heftige Einwirkung umhergeschleudert worden wäre, und dann allmälig erhitzte. Bei hinreichend gesteigerter Hitze erfolgte die Zersetzung des Chloraluminiums plötzlich unter heftigem Erglühen des Tiegels. Nach dem Erkalten konnte das in Gestalt eines feinen grauen Pulvers abgeschiedene Aluminium durch Waschen mit Wasser von dem Chlorkalium getrennt werden.

Nach der neueren Methode von Wöhler (vom

Jahre 1845) bringt man Chloraluminium in ein am hinteren Ende geschlossenes Rohr von Eisen oder Platin, ohne jedoch das Rohr bis mehr als zur Hälfte damit zu füllen. In den vorderen leeren Theil schiebt man mehrere mit Kalium gefüllte Schiffchen von Platin und erhitzt dann das ganze Rohr so weit, daß das Chloraluminium verflüchtigt wird und in Dampfform mit dem Kalium in Berührung kommt. Die Dämpfe des Chloraluminiums werden dabei von dem Kalium absorbirt und unter Bildung von Chlorkalium zu metallischem Aluminium reducirt, welches sich nach dem Erkalten in Form kleiner Kügelchen aus dem Chlorkalium auswaschen läßt. Ebenso erhält man es auch, wenn man einen geräumigen Schmelztiegel mit Chloraluminium lose anfüllt und in dieses einen kleinen Tiegel mit Kalium eindrückt. Verschließt man beide mit einem Deckel und erhitzt rasch zum Glühen, so findet man später die Aluminiumkügelchen in Chlorkalium eingeschlossen in dem inneren Tiegel.

Im Februar 1854 machte darauf Deville, mit Uebergehung von Wöhler's Arbeit vom Jahre 1845, der Pariser Akademie die Mittheilung, man könne das Aluminium in Form von Kügelchen erhalten, wenn man nach Wöhler's alter Methode (vom Jahre 1827) arbeite, mit dem Unterschiede, daß man statt des Kaliums Natrium anwende und die geschmolzene Masse von Chlornatrium, welche das pulverförmige Aluminium enthält, bis zum lebhaften Rothglühen erhitze. Die dabei zurückbleibende, vom überschüssigen Chloraluminium freie Salzmasse soll sauer reagiren und die Aluminiumkügelchen umschließen. Nach einer Charakterisirung des vermeintlich neuen Metalls und Prophezeiung der allgemeinen Anwendbarkeit desselben schloß er seine Mittheilung mit den Worten: „Ich habe Grund zu hoffen, daß das Aluminium bald in allgemeinen Gebrauch kommen werde, denn das Chloraluminium wird bei hoher Temperatur leicht durch die gewöhnlichen Metalle zersetzt, und ich bin jetzt damit beschäftigt, Versuche im größeren Maßstabe anzustellen, um die Frage in praktischer Hinsicht zu lösen." Die dazu erforderlichen Geldsummen wurden von der Akademie zur Verfügung gestellt.

Im August 1854 machte Deville der Akademie eine zweite Mittheilung, worin er einige nähere Eigenschaften des Aluminiums und zugleich zwei verschiedene Bereitungsmethoden anführt, von denen die eine auf die Zersetzbarkeit des Chloraluminiums durch Natrium, die andere auf die Abscheidung des Metalls aus demselben Salze durch den galvanischen Strom basirt ist. Die früher hervorgehobene leichte Zersetzbarkeit des Chloraluminiums durch die gewöhnlichen Metalle wird aber weder hier noch später wieder erwähnt.

Die Zersetzung mittelst Natriums wird folgendermaßen ausgeführt:

Man bringt in eine dicke Glasröhre von 3 bis 4 Centimeter Durchmesser 200 bis 300 Grm. Chloraluminium, welches man zwischen zwei Asbestpfropfen einschließt, und leitet luftfreies, trocknes Wasserstoffgas hindurch, wobei man das Chloraluminium schwach erwärmt, um Chlorwasserstoffsäure, Chlorsilicium, Chlorschwefel, die stets in geringen Mengen im Chloraluminium enthalten sind, zu verflüchtigen. In die mit Wasserstoff gefüllte Röhre bringt man einige möglichst große Schiffchen, von denen jedes einige Gramme getrocknetes und von Steinöl befreites Natrium enthält. Darauf erhitzt man das Natrium bis zum Schmelzen, bewirkt durch stärkeres Erhitzen eine Verdampfung des Chloraluminiums, dessen Dämpfe über das Natrium streichen müssen und von diesem unter heftigem Erglühen absorbirt und reducirt werden. Die Operation ist beendigt, wenn alles Natrium verschwunden ist und das gebildete Chlornatrium genug Chloraluminium absorbirt hat, um mit diesem vollständig gesättigt zu sein. Das Aluminium ist dann in Aluminium-Natriumchlorid, einem leicht schmelzbaren und flüchtigen Doppelsalz, eingeschlossen. Die Schiffchen werden darauf aus der Glasröhre genommen und in einer Porzellanröhre im Wasserstoffstrome so lange zum starken Glühen erhitzt, bis keine Dämpfe des Doppelsalzes mehr entweichen. Man findet dann nach dem Erkalten in jedem Schiffchen das Aluminium zu einer oder zwei Kugeln zusammengeschmolzen. Man wäscht dieselben mit Wasser, welches noch eine kleine Menge des sauer reagirenden Doppelsalzes und braunes Silicium, welches aus den Röhren aufgenommen wurde, fortnimmt. Um eine größere Anzahl von Kügelchen zu einem Stück zusammenzuschmelzen, bringt man sie in eine Porzellanschale, fügt als Flußmittel Aluminium-Natriumchlorid hinzu und erhitzt in einer Muffel bis zum Schmelzpunkt des Silbers, wobei die Kügelchen zu einem glänzenden Stück zusammenfließen, welches man nach dem Erkalten mit Wasser wäscht. Endlich erhitzt man das Metall nochmals in einem bedeckten Porzellantiegel zum Schmelzen, wobei ein Rest des Doppelsalzes, mit dem das Metall stets imprägnirt bleibt, verflüchtigt wird.

Ehe diese Arbeit veröffentlicht wurde, erschien eine Abhandlung von Bunsen über die elektrolytische Darstellung des Aluminiums. Er bedient sich dazu des Aluminium-Natriumchlorids, welches er im geschmolzenen Zustande in einen rothglühenden Tiegel gießt, der durch eine fast bis zum Boden reichende Scheidewand in zwei Räume getheilt ist, von denen jeder einen Pol einer Batterie von zehn Kohlen-Zink-Elementen enthält. Diese Pole sind aus Kohle gefertigt. Der eine derselben, der der positive Pol wird, ist glatt, der andere, der negative Pol, spatelförmig und mit tiefen Einschnitten versehen, in denen sich das geschmolzene Metall ablagert. Beide Pole gehen durch den Deckel des Tiegels und sind in diesem mit kleinen Keilen befestigt. Der mit dem geschmolzenen Salz gefüllte Tiegel wird in einem Ofen rothglühend erhalten und dann die Verbindung mit der Batterie durch Schließung der Kette hergestellt. Um das dabei sich zuerst pulverförmig abscheidende Aluminium zusammenzuschmelzen, trägt man nach und nach Kochsalz in die geschmolzene Masse und steigert die Hitze allmälig bis nahe zum Schmelzpunkt des Silbers. In der Salzmasse sind dann nach dem Erkalten eine Anzahl von Metallkugeln vertheilt, die man durch Wasser vom anhängenden Salze befreit und nach dem Abtrocknen in einen bis zur Weißgluth erhitzten, mit geschmolzenem Kochsalz gefüllten Tiegel wirft, in dem sie zu einem einzigen Regulus zusammenfließen.

Ohne dieser Arbeit zu erwähnen, giebt dann Deville den zweiten Theil seiner Mittheilungen folgendermaßen:

Man zersetzt mittelst des galvanischen Stroms das Aluminium-Natriumchlorid. Zur Bereitung des Aluminiumbades vermischt man 2 Th. Chloraluminium mit 1 Th. wasserfreiem Kochsalz in einer Porzellanschale und erhitzt auf 200°, wobei die Verbindung unter Wärmeentwicklung vor sich geht. Man erhält dabei ein sehr flüssiges Liquidum, welches bei 200° nicht flüchtig ist. Die Flüssigkeit bringt man in einen glasirten Porzellantiegel, den man auf einer Temperatur von 200° erhält. Als negative Elektrode dient ein Platinblech, auf welchem sich das Aluminium, mit etwas Kochsalz als grauer Ueberzug, ablagert. Die positive Elektrode ist eine Spitze von compacter Kohle, die von dem Platinblech durch eine poröse, ebenfalls mit geschmolzenem Doppelsalz gefüllte Zelle getrennt ist. An der Kohlenspitze entweicht Chlor, außerdem scheidet sich Chloraluminium daran ab. Um letzteres nicht zu verlieren, fügt man von Zeit zu Zeit etwas Chlornatrium zu dem Inhalt der porösen Zelle. Die Zersetzung des Doppelsalzes gelingt schon durch zwei Elemente. Sobald sich auf dem Platinblech eine gewisse Menge des metallhaltigen Niederschlages abgesetzt hat, nimmt man das Blech heraus, läßt erkalten, entfernt die Salzkruste und bringt es von Neuem in den Apparat. Die Salzmasse wird in einem Porzellantiegel geschmolzen, nach dem Erkalten mit Wasser behandelt, wobei das Salz sich löst und pulverförmiges Aluminium gewonnen wird. Das letztere vereinigt man durch wiederholte Schmelzungen unter Zusatz des Doppelsalzes zu einem Regulus.

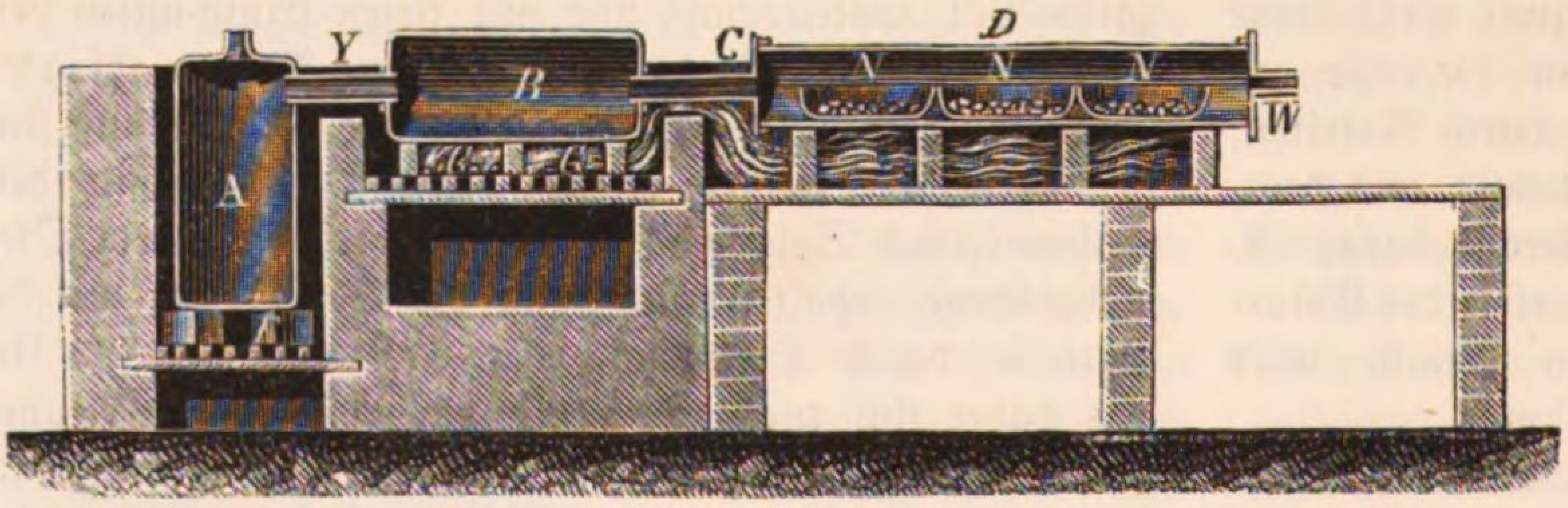
Eine dritte Mittheilung Deville's an die Akademie erfolgte im Juni 1855, sie enthielt einige Angaben über Gewinnung von Chloraluminium und Natrium.

Endlich im April 1856 erschienen die ersten zusammenhängenden Angaben Deville's über Darstellung von Natrium, Chloraluminium (siehe dieses) und Aluminium.

Die Reduction des Aluminiums beschreibt er wie folgt:

Das rohe Chloraluminium wird in den Cylinder *A* (Fig. 93) gebracht und mittelst der Feuerung *F* erhitzt; es verdampft leicht und gelangt durch das Rohr *Y* in den Cylinder *B*, welcher 60 bis 80 Kilogramme eiserne Nägel enthält und durch die Feuerung *G* zum dunklen Rothglühen erhitzt wird. Das metallische Eisen hält das in dem Chloraluminium enthaltene Eisenchlorid zurück, indem es dasselbe in das wenig flüchtige Eisenchlorür verwandelt. Ebenso hält es die durch die Einwirkung der Luftfeuchtigkeit auf das Chloraluminium gebildete Salzsäure zurück; außerdem zersetzt es auch den Chlorschwefel, mit dessen Bestandtheilen es Eisenchlorür und Schwefeleisen bildet. Die kleinen Partikel von Eisenchlorür, welche der Dampf mit fortreißt, setzen sich in dem weiten Rohr *C* ab. Der Chloraluminiumdampf gelangt aus *B* in den gußeisernen Cylinder *D*, in welchem drei nachenförmige gußeiserne Schalen *N* stehen, deren jede mit 500 Grm. Natrium beschickt wird. Das Rohr *C* wird auf einer Temperatur von 200 bis 300° erhalten, welche hinreicht, um die Verdichtung des Chloraluminiums zu verhindern, während bei derselben das Eisenchlorür nicht verdampft. Der Cylinder *D* wird so weit erhitzt, daß er an seiner unteren Seite kaum dunkelroth glühend ist; die Reaction zwischen dem Chloraluminium und dem Natrium ist so lebhaft, daß man oft genöthigt ist, das Feuer ganz wegzunehmen. Wenn das Chloraluminium mit dem Natrium zusammentrifft, bildet sich Chlornatrium und es wird Aluminium frei. Das Chlornatrium verbindet sich alsdann mit dem Ueberschuß des Chloraluminiums zu dem bekannten Doppelsalz, welches flüchtig genug ist, um in die nächste Schale zu verdampfen, wo das darin enthaltene Chloraluminium ebenfalls durch das Natrium zersetzt wird. Die Reaction beginnt in einer Schale immer erst, nachdem sie in der vorhergehenden beendigt ist. Sie ist in sämmtlichen Schalen beendet, wenn man beim Oeffnen des Deckels *W* wahrnimmt, daß das Natrium in der letzten Schale gänzlich in eine warzenförmige schwarze Masse verwandelt ist, welche von einer farblosen Flüssigkeit (Aluminium-Natriumchlorid) umgeben ist. Man nimmt dann die Schalen heraus und ersetzt sie sofort durch andere. Die herausgenommenen Schalen deckt man zu und läßt sie erkalten.

Fig. 93.



Den Inhalt der Schalen bringt man nachher in eiserne Töpfe oder thönerne Tiegel, die in einem Flammofen erhitzt werden, bis die Masse vollständig geschmolzen ist und das Doppelsalz zu verdampfen beginnt. Meistens erfolgt die Reaction zwischen dem Chloraluminium und dem Natrium in den Schalen nicht vollständig, weil das Natrium zum Theil von dem entstandenen Chlornatrium umhüllt wird. Aber das noch in den Schalen befindliche Aluminium-Natriumchlorid reicht stets hin, um beim Erhitzen der Masse in den Töpfen oder Tiegeln das darin noch vorhandene Natrium ebenfalls in Chlornatrium umzuwandeln, so daß man in den Tiegeln zuletzt Aluminium mit einem großen Ueberschuß von Chloraluminium hat, was für das Gelingen der Operation unerläßlich ist.

Wenn die Töpfe oder Tiegel erkaltet sind, findet man in ihrem oberen Theile eine Schicht fast reines Chlornatrium, die man wegnimmt; im unteren Theile Kügelchen von mehr oder weniger reinem Aluminium, die man durch Waschen mit Wasser absondert. Unglücklicher Weise wirkt aber dieses Wasser, indem es das Chloraluminium des Flußmittels auflöst, sehr rasch zerstörend auf das Metall, so daß nur noch

diejenigen Aluminium-Kügelchen übrig bleiben, welche größer als ein Stecknadelknopf sind. Man sammelt diese, trocknet sie, bringt sie in einen thönernen Tiegel, erhitzt denselben zum Rothglühen und zerdrückt die Kügelchen, wenn sie zu schmelzen beginnen, mittelst eines thönernen Spatels. Dabei vereinigen sie sich zu einer geschmolzenen Masse, die man nun in eine Form ausgießt.

Sollte das Natrium in Folge mißlungener Darstellung von der sich dabei bildenden schwarzen Masse enthalten, so muß man diese vor seiner Anwendung zur Aluminiumfabrikation sehr sorgfältig auslesen, weil sie sonst cyansaure Salze oder Cyanide bilden würden, welche sich in Berührung mit Wasser zersetzen, Ammoniak erzeugen und dadurch Verlust an Aluminium herbeiführen würden. Man muß sich wohl hüten, Aluminium, welches überschüssiges Natrium enthält, zusammenzuschmelzen, denn die Masse würde sich entzünden. Solches Aluminium muß unter Zusatz von etwas Aluminium-Natriumchlorid geschmolzen werden.

Diese Apparate haben nach Deville's eigener Angabe manches Mangelhafte, sie sind daher später wieder abgeschafft. Nach einem Bericht von Dumas an die Akademie (vom October 1856) gab man es später ganz auf, das dampfförmige Chloraluminium auf Natrium wirken zu lassen, sondern wandte gleich von vorn herein das Doppelsalz an, welches man, mit Natrium vermischt, mit einer Schaufel in einen rothglühenden Flammofen wirft. Die Reaction soll dabei so ruhig erfolgen, daß man diese Operation ohne alle Gefahr im Großen ausführen kann. Man gewinnt dabei das Aluminium in Platten, in Kügelchen oder pulverförmig und kann es dann entweder auf mechanischem Wege oder durch Wasser vom Kochsalz trennen.

Mit der Anwendung des Chloraluminiums oder des Natrium-Aluminiumchlorids ist stets die Unannehmlichkeit verbunden, daß beide mit Begierde Feuchtigkeit absorbiren und daher kaum vollkommen wasserfrei zu erhalten sind. Die Feuchtigkeit wirkt aber zersetzend auf das Chloraluminium und macht beim Erhitzen Salzsäure frei unter Abscheidung von Thonerde. Die Thonerde wird bekanntlich nicht vom Natrium reducirt, sondern umhüllt die sich abscheidenden Kügelchen des Metalls mit einer feinen Haut, welche ihr Zusammenfließen in hohem Grade erschwert. Bei Versuchen, die Deville gemeinschaftlich mit Morin und Debray anstellte, fand sich, daß diese Thonerde leicht von Fluoriden gelöst wird und daß daher ein Zusatz von Fluorcalcium, oder Flußspath, die Gewinnung des Metalls bedeutend erleichtert. Sie arbeiteten daher mit folgender Mischung:

Aluminium-Natriumchlorid	400	Grm.
Kochsalz	200	„
Flußspath	200	„
Natrium	75 bis 80	„

Das Doppelsalz wird kurz vor der Anwendung geschmolzen und fast zum Rothglühen erhitzt, das Kochsalz scharf geglüht oder geschmolzen, der Flußspath gepulvert und scharf getrocknet. Das Doppelsalz und das Kochsalz wird gröblich zerstoßen und mit dem Flußspathpulver gemischt, darauf abwechselnde Schichten des Salzgemenges und Natriumscheiben in einen Tiegel gebracht und das Ganze mit einer Schicht Kochsalz bedeckt.

Anfangs erhitzt man gelinde, bis die heftige Reaction vorüber ist, darauf stärker bis nahe zum Schmelzpunkt des Silbers, ohne diesen jedoch zu erreichen. Man rührt die geschmolzene Masse anhaltend mit einem Thonstabe um und gießt auf eine recht trockne Kalksteinplatte aus. Zuerst fließt aus dem Tiegel eine sehr flüssige, farblose Schlacke ab, darauf eine graue, etwas breiförmige Masse, welche Aluminiumkörnchen enthält und die man gleich von vorn herein von der ersten Schlacke trennt; zuletzt fließt eine Masse von Aluminium aus, deren Gewicht, wenn die Operation gut gelungen ist, wenigstens 20 Grm. betragen muß. Durch Zerreiben und Absieben der grauen Masse gewinnt man noch 5 bis 6 Grm. mehr oder weniger große Kügelchen. Diese sammelt man und bringt sie, wenn sich nach mehreren Operationen eine größere Menge davon angehäuft hat, in einen rothglühenden Tiegel, worin man sie durch Umrühren mit einem Thonstabe zu vereinigen sucht und sie dann zu einem Barren ausgießt.

Man gewinnt somit aus 75 Grm. Natrium 25 Grm. Aluminium, es kommen also auf 1 Th. Aluminium 3 Th. Natrium, während man nach der Theorie nur $2\frac{1}{2}$ Th. gebrauchen sollte. Der Verlust beträgt 5 Grm. Aluminium, welches in Form so kleiner Kügelchen in der grauen Schlacke vertheilt ist, daß man sie nicht davon trennen kann.

Zu diesen Versuchen diente ein sehr reiner Flußspath, der fast völlig frei von Kieselsäure war. Die Tiegelwände waren, um sie vor der Einwirkung der Schmelze zu schützen und zu verhindern, daß kein Silicium in das Aluminium überginge, mit einer Schicht von Thonerde ausgekleidet. Dieser Ueberzug wird aus einem breiförmigen Gemenge von geglühter Thonerde und reinem Kalkaluminat dargestellt. Das letztere wird durch starkes Glühen von gleichen Theilen wasserfreier Thonerde und Kreide gewonnen. 4 Th. geglühte Thonerde und 1 Th. Kalkaluminat werden fein gepulvert, durch ein Seidensieb geworfen und mit wenig Wasser angerührt. Der dicke Brei wird mit einem Porzellanpistill rasch über die Wände des Tiegels verbreitet und so lange gerieben, bis er eine vollkommene Politur erlangt hat. Der Tiegel wird getrocknet und zum Rothglühen gebracht, um den Ueberzug zu erhärten, welcher vollständig unschmelzbar ist und die Kieselsäure des Tiegels vor der Einwirkung des Flußspaths und des Aluminiums schützt. Die Tiegel können mehrmals benutzt werden, wenn man sie nur im heißen Zustande, sobald man eine Schmelze ausgegossen hat, von Neuem beschickt.

Die Ausführung dieser Methode erfordert manche Vorsichtsmaßregeln und gelingt nur, wenn man eine gewisse Fertigkeit darin erlangt hat. Sie wird aber weit leichter und einfacher, wenn man statt des Flußspaths dieselbe Menge Kryolith (siehe unten) anwendet. Die Ausbeute steigert sich dadurch nicht beträchtlich, die Arbeit wird aber bedeutend vereinfacht. Bei einem Versuche wurden mit 76 Grm. Natrium ein Barren von 28 Grm. und 4 Grm. Aluminium in Körnern erhalten, oder 1 Th. Aluminium von 2,8 Natrium.

Das so gewonnene Metall ist sehr rein und enthält

höchstens geringe Mengen von Eisen, von denen das Chloraluminium sehr schwer zu befreien ist.

Hiermit schließen die über diese Methode an die Akademie gerichteten Mittheilungen Deville's. Er hält damit die Aufgabe vom wissenschaftlichen Standpunkte gelöst und erklärt, es sei Sache der Praxis, sie weiter auszubilden. Erst im Jahre 1859, nachdem schon ein Jahr vorher die Gebrüder Tissier eine Monographie über das Aluminium veröffentlicht hatten (L'Aluminium et les Métaux alcalins, Paris, Lacroix et Baudry 1858), erschien von Deville eine größere Arbeit, in welcher zwar seine früheren Versuche und die Anderer mit großer Genauigkeit mitgetheilt sind, in welcher aber die für den Techniker werthvollen genaueren Angaben und Zeichnungen von in der Praxis zu gebrauchenden Apparaten fehlen (De l'Aluminium etc. Paris, Mallet-Bachelier 1859).

Von dieser Methode sind bis jetzt zwei Verbesserungsvorschläge bekannt geworden. Der erste von den Gebrüdern Rousseau und P. Morin, in England für Newton patentirt, besteht darin, daß man einen Flammofen anwendet, dessen Heerd so eingerichtet ist, daß das Metall in dem Maße, wie es reducirt wird, sich in einer Vertiefung der Sohle ansammeln kann. Sie mischen die Substanzen in dem Verhältniß von 100 Th. Aluminium-Natriumchlorid, 50 Th. Flußspath und 20 Th. Natrium und bringen sie in den vorher zum Rothglühen erhitzten Ofen. Nachdem der Rost gut mit Kohlen beschickt ist, schließt man den Ofen. Die Reaction findet darauf Statt, das Aluminium vereinigt sich dabei zu einer Masse und sammelt sich in der Vertiefung des Heerdes, von wo man es abfließen lassen kann.

Der zweite Vorschlag wurde Gerhardt in London patentirt. Nach ihm soll man eine höhere Ausbeute an Aluminium erhalten, wenn man die Mischung des Doppelsalzes mit Natrium in dem Augenblick, wo man sie in den Flammofen bringt, mit einer Schicht geschmolzenem Kochsalz überdeckt. Er wendet dazu einen Flammofen mit zwei über einander liegenden Heerden an, von denen der untere zur Reduction, der obere zum Schmelzen des Kochsalzes dient. Sobald der untere beschickt ist, läßt man das geschmolzene Kochsalz aus dem oberen in diesen abfließen, so daß sein Inhalt davon vollständig bedeckt wird.

Gehen wir in dieser geschichtlichen Nachweisung um einige Zeit zurück, so finden wir 1855 eine Arbeit von H. Rose, „über eine neue und vortheilhafte Darstellung des Aluminiums." Veranlaßt durch die nicht geringen Schwierigkeiten der Bereitung des Chloraluminiums und durch die sonstigen mancherlei Unannehmlichkeiten, welche die Arbeiten mit diesem Körper mit sich führen, wandte Rose schon früh seine Aufmerksamkeit auf die Fluorverbindung des Aluminiums und dessen Doppelsalz mit Fluornatrium, welche sich leicht darstellen lassen und sich gegen Natrium, wie vorauszusehen war, ebenso verhalten mußten wie das Chlordoppelsalz. Dieses Aluminium-Natriumfluorid war damals den Mineralogen als ein sich selten findender Körper unter dem Namen Kryolith bekannt. Ein außerordentlich glücklicher Zufall wollte es, daß gerade zu der Zeit in Grönland ein so mächtiges Lager dieses Minerals entdeckt wurde, daß 1 Ctnr. davon gleich anfangs zu dem billigen Preise von 3 Thlrn. angeboten werden konnte. Der Erfolg dieser Versuche und die massenhafte Gewinnung des Kryoliths trugen ganz wesentlich dazu bei, einen Aufschwung der Fabrikation möglich zu machen. Bei der großen Wichtigkeit dieser Arbeit wollen wir sie in wenig verkürztem Auszuge mittheilen:

Zu den Versuchen dienten kleine Tiegel von Gußeisen von $1^3/_4$ Zoll Höhe und $1^3/_8$ Zoll oberem Durchmesser. In diesen wurde das feine Pulver des Kryoliths, mit dünnen Scheiben von Natrium geschichtet, festgestampft und mit einer Decke von Chlorkalium bedeckt, der Tiegel wurde mit einem gut passenden Porzellandeckel verschlossen. Von allen Flußmitteln bewährte sich das Chlorkalium am besten, es hat von allen, die angewandt werden können, das geringste specifische Gewicht, was bei der so geringen Dichtigkeit des Aluminiums von Wichtigkeit ist. Dabei schmilzt es mit dem Fluornatrium zu einer leichter schmelzbaren Masse zusammen, als dieses für sich. Es wurden gewöhnlich gleiche Theile Chlorkalium und Kryolith angewandt und auf 5 Th. des letzteren 2 Th. Natrium genommen.

Das Ganze wurde darauf einer starken Rothgluth vor einem Gebläse ausgesetzt, in welchem atmosphärische Luft mit Leuchtgas durch Röhren getrieben wird, die nach dem Princip der Daniell'schen Röhre beim Knallgasgebläse construirt sind. Am zweckmäßigsten scheint es zu sein, die Rothgluth eine halbe Stunde und nicht länger zu unterhalten, während dabei der Tiegel sorgfältig bedeckt bleibt. Das Ganze ist dann gut geflossen. Nach dem gänzlichen Erkalten bringt man, so gut es geht, vermittelst eines Meißels das Geschmolzene aus dem Tiegel, was besonders durch Hammerschläge auf die Außenseite sehr befördert wird. Der Tiegel kann noch mehrere Male zu neuen Schmelzungen benutzt werden, endlich zerbricht er durch die Schläge, denen er ausgesetzt worden ist.

Die geschmolzene Masse wird mit Wasser übergossen, wobei gewöhnlich gar keine, bisweilen eine kaum merkliche Gasentwicklung stattfindet. Die kleine Menge des entweichenden Wasserstoffgases hat denselben unangenehmen Geruch wie das Gas, welches bei der Lösung des Gußeisens in Salzsäure sich bildet.

Durch die Schwerlöslichkeit des Fluornatriums erweicht sich die geschmolzene Masse nur langsam. Durch den Zusatz des Chlorkaliums hat sich die Schwerlöslichkeit etwas gemindert. Nach 12 Stunden sind die Klumpen so erweicht, daß man nach Abziehen der Flüssigkeit sie mit einem Pistill in einem Porzellanmörser zerdrücken kann. Man findet dann größere Kugeln von Aluminium von 0,3 bis 0,5 Grm. Gewicht (bei Anwendung von 10 Grm. Kryolith), welche man absondert. Die kleineren Kugeln können von der zugleich immer gebildeten Thonerde und dem unzersetzten Kryolith nicht gut durch Schlämmen getrennt werden, weil diese schwerer als jene sind. Man behandelt das Ganze in der Kälte mit verdünnter Salpetersäure, wodurch zwar die geglühte Thonerde nicht gelöst wird, aber die Aluminiumkugeln ihren metallischen Glanz erhalten. Man trocknet sie und nach dem Trocknen trennt man die feine

Thonerde und das unzersetzt gebliebene Kryolithpulver durch Reiben auf Mousselin von den kleinen Metallkugeln, welche auf dem Zeuge zurückbleiben.

Das Uebergießen der geschmolzenen Masse mit Wasser geschieht in Platin- oder Silberschalen. Man hüte sich dazu Porzellanschalen anzuwenden, weil deren Glasur durch die Lösung des Fluornatriums sehr angegriffen wird.

Die kleinen Kugeln des Aluminiums können in einem kleinen bedeckten Porzellantiegel unter einer Decke von Chlorkalium vor dem Gebläse zusammengeschmolzen werden. Sie ohne ein Flußmittel zusammenzuschmelzen, gelingt nicht, man kann die kleinen Kugeln nicht wie kleine Silberkugeln zusammenschmelzen; denn wenn auch das Aluminium scheinbar durchs Glühen beim Zutritt der Luft sich nicht oxydirt, so überzieht es sich doch dabei mit einer fast unsichtbaren Oxydhaut, welche das Zusammenfließen verhindert.

Das Zusammenschmelzen unter einer Decke von Chlorkalium ist immer mit einem Verluste von Aluminium verbunden. Eine Aluminiumkugel von 3,85 Grm. verlor durch das Schmelzen unter Chlorkalium 0,05 Grm. Das Chlorkalium enthielt nach dem Lösen in Wasser keine Thonerde, wovon aber eine geringe Menge sich ungelöst absonderte. Ein anderer Theil des Aluminiums hatte unstreitig das Chlorkalium zersetzt, es mußte sich Chloraluminium und Kalium durch Schmelzen verflüchtigt haben.

Um diese Verluste zu vermeiden, wurde die Methode von Deville befolgt und die Kügelchen in einem bedeckten Porzellantiegel unter einer Decke von Aluminium-Natriumchlorid geschmolzen. Das Salz wurde zuerst geschmolzen und dann die Kugeln des Aluminiums in das geschmolzene Salz gebracht. Man hat dabei keinen, oder nur höchst geringen Verlust.

Wird das Aluminium unter einer Decke von Chlorkalium geschmolzen, so ist seine Oberfläche nicht vollkommen glatt, sondern hat kleine Vertiefungen, was nicht der Fall ist, wenn es unter Aluminium-Natriumchlorid geschmolzen ist.

Die Darstellung des Aluminiums wurde noch auf verschiedene Weise abzuändern versucht, ohne jedoch dadurch zu einem besseren Resultat zu kommen. Es wurde oft das Natrium allein auf den Boden des Tiegels gelegt, darüber der Kryolith und hierüber endlich das Chlorkalium. Man konnte dann bemerken, daß viel Natriumdämpfe entwichen und mit starker gelber Flamme verbrannten, was nicht der Fall, wenn das Natrium in dünne Scheiben geschnitten, mit dem Kryolithpulver geschichtet ist, in welchem Falle der Proceß sehr ruhig von Statten geht. Im Anfang, wenn der Tiegel zu glühen beginnt, wird er plötzlich stark glühend, wenn die Zersetzung der Verbindung erfolgt. Die Hitze darf dann nicht geschwächt werden, sondern muß eine halbe Stunde lang auf demselben Grade erhalten werden. Bei längerem Erhitzen würde man durch Einwirkung des Chlorkaliums auf das Aluminium Verluste erleiden. Auch werden durch sehr langes Erhitzen die Kugeln des Aluminiums nicht größer, dieses ist nur durch sehr intensive Erhitzung zu erreichen. Hört man nach dem starken, freiwilligen Erglühen des Tiegels auf, so ist die Ausbeute außerordentlich gering, weil das Metall sich dann nicht zu Kugeln vereinigt hat, sondern pulverförmig ist und beim Erkalten des Tiegels verbrennt.

Das als Flußmittel benutzte Chlorkalium kann man ohne Nachtheil durch Kochsalz ersetzen, nur muß dann die Hitze höher gesteigert werden.

Statt der eisernen Tiegel kann man auch solche von unglasirtem Steingut anwenden, die letzteren widerstehen aber selten der Einwirkung des Fluornatriums, sondern werden durch dieses beim Erhitzen zerfressen und durchlöchert.

Die Ausbeute an Aluminium ist, wenn auch genau auf dieselbe Weise und mit denselben Mengen der Materialien gearbeitet wurde, stets eine sehr verschiedene gewesen. Niemals erreichte sie die Menge des Metalls, die in dem angewandten Kryolith enthalten war. Derselbe enthält 13 Proc. Aluminium. Im günstigsten Falle wurden 60 Proc. von dem im Kryolith enthaltenen Aluminium gewonnen, wenn aber auch nur 30 bis 45 Proc. erhalten wurden, so mußte die Ausbeute noch eine günstige genannt werden, manche Versuche lieferten nur 20 Proc.

Diese so sehr verschiedenen Resultate hängen von mehreren Umständen ab, vorzüglich indessen von dem Grade der Erhitzung. Je stärker dieselbe ist, desto mehr vereinigen sich die kleinen Kügelchen zu größeren und desto weniger Aluminium bleibt im pulverförmigen Zustande, welches beim nachherigen Erkalten sich zu Thonerde oxydiren kann.

Ungefähr zu gleicher Zeit stellte Dr. Percy in England Aluminium aus Kryolith dar und legte Proben davon in einer Versammlung der Royal Institution am 20. Mai 1855 vor.

Deville gab darauf folgende Vorschrift zur Reduction des Aluminiums aus dem Kryolith: Man bringt in einen Porzellantiegel abwechselnde Schichten von feingepulvertem Kryolith, der mit etwas Kochsalz vermischt ist, und Natrium. Man stellt den Porzellantiegel in einen hessischen Tiegel und unterhält lebhafte Rothgluth bis zum Schmelzen der Masse. Man rührt die geschmolzene Masse mit einem thönernen Stabe um und läßt erkalten. Die Gesammtmenge des Aluminiums findet sich nach dem Erkalten in Form eines einzigen Regulus am Boden der geschmolzenen Masse. Während der Schmelzung entwickelt sich ein brennbares Gas, welches ohne Zweifel Phosphordampf ist, da in dem Minerale Phosphorsäure deutlich nachzuweisen ist. Bei Anwendung eines Porzellantiegels enthält das Aluminium stets Silicium, in eisernen Tiegeln reducirt, ist es stark eisenhaltig.

Der Eisengehalt des von Rose dargestellten Metalls war jedoch nie so hoch, daß seine Eigenschaften dadurch wesentlich modificirt worden wären, sein Aluminium war dehnbar und ließ sich vollkommen gut verarbeiten.

Nach Wöhler kann die Reduction auf folgende Weise, ohne allen Nachtheil im gewöhnlichen thönernen Tiegel ausgeführt werden:

Der Kryolith wird fein gerieben und wohl getrocknet, mit seinem gleichen Gewicht eines Gemenges von 7 Th. Kochsalz und 9 Th. Chlorkalium, die am besten

vorher für sich zusammengeschmolzen und gepulvert sind, vermischt und diese Masse in abwechselnden Schichten mit Scheiben von Natrium in einen Tiegel gefüllt und darin stark zusammengedrückt. Auf 50 Grm. des Salzgemenges nimmt man 8 bis 10 Grm. Natrium. Der Tiegel muß vorher stark ausgetrocknet sein. Man stellt ihn nun in einen schon vorher geheizten, gut ziehenden Windofen, umgiebt ihn am besten mit schon glühenden Kohlen und bringt ihn rasch zum vollen Glühen. Im Moment der Reduction hört man gewöhnlich ein Geräusch und es entweicht Natrium, welches mit Flamme verbrennt. Nachdem dieses aufgehört hat, giebt man ungefähr noch eine Viertelstunde lang gutes Feuer, um die Masse in gehörigen Fluß zu bringen, und läßt dann den Tiegel erkalten. Beim Erkalten findet man in der Regel das Aluminium zu einem einzigen blanken Regulus, gewöhnlich mit gestrickt krystallinischer Oberfläche zusammengeschmolzen; bisweilen finden sich auch noch einzelne kleine Körner, aber nie so klein, daß sie nicht leicht ausgeschlagen werden könnten. Von 50 Grm. des Gemenges, also von 25 Grm. Kryolith wurden stets über 2 Grm. schwere Reguli erhalten. Bei Versuchen mit 100 Grm. des Gemenges wogen die Reguli 2,3 bis 2,4 Grm. Die Ausbeute überstieg daher nicht 33 Proc. vom Aluminiumgehalt des Kryoliths. Da bei den Versuchen stets ziemlich viel Natrium entwich und verbrannte, so scheint daraus hervorzugehen, daß man den Zusatz von Natrium noch verringern kann.

Der Vortheil dieser Methode besteht darin, daß man sich, wie bei der Reduction anderer Metalle, der Thontiegel bedienen kann, daß die Masse leicht schmelzbar ist, ohne die Thontiegel zu durchbohren, und daß das Aluminium frei von Silicium erhalten wird. Bloß mit Kochsalz gelingt die Reduction bei Weitem nicht so gut.

Kleinere Körner von Aluminium kann man auch in einem Porzellantiegel unter einer Decke von Chlormagnesium zusammenschmelzen, welches leichter darstellbar ist, wie das Aluminium-Natriumchlorid und welches durch Aluminium nicht zersetzt wird.

In der Fabrik zu Amferville-la-mi-Voie bei Rouen wird ausschließlich mit Kryolith gearbeitet. Das Mineral wird dort gepulvert, mit einer gewissen Menge Kochsalz gemischt und mit Natrium, in dem von Rose angegebenen Verhältniß, in großen Schmelztiegeln geschichtet. Die Tiegel werden in Flammöfen oder Windöfen, die eine hinreichend hohe Temperatur geben können, um das bei der Reduction sich bildende Fluornatrium zu schmelzen, erhitzt. Bei der schweren Schmelzbarkeit des Fluornatriums muß die Temperatur bei dieser Operation höher sein, als wenn man mit dem Aluminium-Natriumchlorid arbeitet. Wenn der Inhalt der Tiegel geschmolzen und vollkommen flüssig geworden ist, gießt man in eiserne Kapseln aus, auf deren Boden man das Metall gewöhnlich zu einer oder einigen Massen vereinigt findet. Es bleibt nur noch übrig, nach dem Erkalten das Aluminium umzuschmelzen und in Barren zu gießen.

Die Anwendung des Kryoliths als Rohstoff zur Aluminiumfabrikation ist von der allergrößten Wichtigkeit, denn ganz abgesehen von den erwähnten mancherlei Unannehmlichkeiten, welche die Manipulationen mit dem Aluminium-Natriumchlorid stets haben, so ist es die wesentliche Preisdifferenz des Rohstoffs, welche unter allen Umständen dem Kryolith den Vorzug verschaffen wird. Der Kryolith wird in so großen Massen gewonnen, daß der Besitzer der Gruben in Grönland sich verbindlich gemacht hat, auf zwanzig Jahre jährlich 3000 Tons zu einem Preise von 3 Frc. für 100 Kilogramme (also den Centner für 12 Sgr.) bis an die französische Küste zu liefern (Schrötter). Da der Kryolith 13 Proc. Aluminium enthält, so werden bei diesem Preise 100 Pfd. Aluminium im Kryolith 3 Thlr. 2 Sgr. kosten. Nimmt man den ursprünglichen Preis von 3 Thlr. pro Centner an, so kosten die 100 Pfd. Aluminium 23 Thlr. Vergleichen wir dieses mit den Kosten des Chloraluminiums. Das Chloraluminium enthält 20 Proc. Metall und kostet nach Deville 1,25 Frc. pro Kilogramm. Es sind demnach in 250 Kilogramm Chloraluminium 100 Pfd. Metall und diese würden also $83\frac{1}{3}$ Thlr. kosten. Das im Kryolith enthaltene Aluminium ist daher bei Zugrundelegung des niedrigsten Preises fast 30 Mal, bei dem höchsten Preise fast 4 Mal so billig als das im Chloraluminium enthaltene. Es kommt noch hinzu, daß die Schlacke der Aluminiumfabrikation, bei der man Kryolith anwendet, aus Fluornatrium besteht, welches leicht in Aetznatron oder kohlensaures Natron zu verwandeln ist, während man als Nebenproduct bei dem anderen Verfahren nur Kochsalz erhält. Berücksichtigt man die Preisdifferenz dieser beiden Abfälle, so wird sich ergeben, daß die nebenbei gewonnene Soda fast ganz die Kosten des Kryoliths deckt.

Die obigen Angaben über den Preis und die Menge des zu beschaffenden Kryoliths wurden von Schrötter der Wiener Akademie (nach Angaben des Dr. W. Schwarz vom österreichischen Consulate in Paris) mitgetheilt. Sie stimmen im Allgemeinen nicht mit den Ermittelungen überein, welche bei Gelegenheit der wissenschaftlichen Reise des Prinzen Napoleon auf Grönland vorgenommen wurden. Nach diesen ist das Lager des Kryoliths allerdings von ziemlich bedeutender Mächtigkeit, jedoch durch seine Lage unmittelbar an der Küste und zum größten Theil unter dem Spiegel des während des größten Theils des Jahres mit Eis bedeckten Meeres so schwer zugängig, daß es kaum auszubeuten ist. Dazu kommt noch, daß nur das Hauptlager von vollkommener Reinheit ist, während der Kryolith an beiden Ausgängen des Lagers mit Blende, Bleiglanz, Kupferkies, Schwefelkies, Spatheisenstein und Quarz reichlich vermischt ist. (Notice scientifique sur la géologie de Groenland par Chancourtoi et Ferri Pisani.) Dieses bewog Deville, ganz darauf zu verzichten, den Kryolith als Hauptmaterial zur Aluminiumfabrikation zu verwenden. Die Zeit muß Aufschluß darüber geben, welche von beiden Nachrichten die richtige ist. Jedenfalls ist sicher, daß bis jetzt die Fabrik zu Amferville-la-mi-Voie sich nur des Kryoliths bedient.

In der Fabrik zu Nanterne gebraucht man den Kryolith, theils um daraus Thonerde darzustellen, die später in Aluminium-Natriumchlorid verwandelt wird, theils als Flußmittel. Der Kryolith, welcher von Kopenhagen (zum Preise von 35 Frc. pro 100 Kilogramm)

bezogen wird, enthält ziemlich viele durch Spatheisenstein verunreinigte Stücke, die durch sorgfältige Handscheidung von den reinen getrennt werden. Nur die letzteren werden als Zusatz zur Schmelze gebraucht.

Zur Reduction werden 10 Th. Aluminium-Natriumchlorid, 5 Th. Kryolith und 2 Th. Natrium angewandt. Man arbeitet dort mit einem Flammofen von der Construction der Sodaöfen, dessen Heerdsohle 1 Meter lang und breit ist. In einem solchen Ofen können in jeder Operation 6 bis 10 Kilogrm. Aluminium in vier Stunden reducirt werden. Die gepulverten Substanzen werden mit kleinen Stücken Natrium gemischt und in den zum Glühen erhitzten Ofen geworfen. Es tritt bald eine sehr heftige Reaction ein, unter so starker Wärmeentwicklung, daß die Substanz und die Wände des Ofens in starkes Glühen kommen, wobei die erstere vollständig in Fluß geräth. Man öffnet dann sofort die Schieber im Schornstein und richtet eine starke Flamme auf die Schmelze, um das Ganze gleichmäßig zu erhitzen und das in der Schlacke vertheilte Aluminium zusammenfließen zu lassen. Wenn man die Operation für beendet hält, öffnet man ein am hinteren Ende des Ofens angebrachtes Stichloch und fängt die zuerst abfließende Schlacke in eisernen Kasten auf. Zuletzt fließt das Aluminium in einer einzigen Masse ab und sinkt in der noch flüssigen Schlacke zu Boden. Das Aluminium vereinigt sich zu einem einzigen Regulus, der manchmal 6 bis 8 Kilogrm. wiegt. Der erste Theil der Schlacke ist gewöhnlich vollkommen weiß oder schwach gefärbt, der letzte aber, welchen man besonders auffängt, ist grau und enthält stets noch Aluminiumkügelchen, von denen die Schlacke durch Pulvern und Sieben getrennt wird. Man kann aus 100 Kilogrm. dieser Schlacke 200 bis 300 Grm. Aluminium gewinnen.

Es ist bei der Reduction sehr wesentlich, die Zusammensetzung der Schlacken so zu reguliren, daß sie kein Fluornatrium, sondern Fluoraluminium enthalten kann, da das Fluornatrium die Wände des Ofens sehr stark angreifen würde, was von dem Fluoraluminium nicht zu befürchten ist.

Das gewonnene Aluminium ist, wenn die Rohstoffe rein waren, von tadelloser Beschaffenheit. Es können dann keine fremden Metalle und nur Spuren von Silicium darin enthalten sein. Es haften nur meistens noch geringe Mengen von Schlacken daran, die mit dem bloßen Auge kaum sichtbar sind, aber doch dem Metall die unangenehme Eigenschaft ertheilen, daß es beim Poliren mit kleinen dunklen Punkten übersäet erscheint und an der Luft bald seinen Glanz verliert. Um dieses zu verhüten, wird eine größere Menge des Metalls in einem offenen Graphittiegel bei nicht zu hoher Temperatur geschmolzen und mit einem eisernen Spatel längere Zeit gerührt. Es scheidet sich dabei eine geringe Menge von Schlacke ab, von der das gereinigte Metall durch Abgießen getrennt wird.

Es sind endlich noch einige Fabrikationsmethoden zu erwähnen, bei denen die Anwendung des Natriums als Reductionsmittel ganz umgangen werden soll. Wären diese wirklich ausführbar, so würde über die Zukunft der Aluminiumindustrie jedenfalls entschieden sein.

Petitjean zersetzt Schwefelaluminium im glühenden Zustande durch Kohlenwasserstoff. Das Schwefelaluminium wird nach einer von Fremy entdeckten Methode dargestellt, indem man Thonerde zum Glühen erhitzt und so lange Schwefelkohlenstoffdämpfe darüber leitet, bis die Thonerde in geschmolzenes Schwefelaluminium verwandelt ist. Der Sauerstoff der Thonerde verbindet sich dabei mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure, während der Schwefel von dem Aluminium gebunden wird. Oder anstatt auf diese Weise Schwefelaluminium darzustellen, kann man nach dem Patentträger auch ein Doppelsulfurid erzeugen, indem man Thonerde mit ein wenig Theer oder Terpentin gemengt in einen mit Kohle gefütterten Tiegel giebt, sie darin stark erhitzt, dann mit einem aus kohlensaurem Natron oder Kali und Schwefel bestehenden Pulver mischt und endlich eine Zeit lang zum heftigen Glühen erhitzt. Das so bereitete Sulfurid oder Doppelsulfurid wird zur Gewinnung des Aluminiums gemahlen und dann in einen Tiegel von der Gestalt einer Röhre gebracht, durch dessen Boden man einen Strom Kohlenwasserstoffgas leitet, oder man läßt in den Tiegel an dessen Boden etwas festen oder flüssigen Kohlenwasserstoff gelangen, welcher das Aluminium aus seiner Verbindung mit Schwefel abscheidet. Man kann das Aluminium aus diesen Verbindungen aber auch dadurch erhalten, daß man dieselben mit Eisenfeile (oder einem sonstigen geeigneten gepulverten Metall) vermengt und das Gemenge schmilzt, oder indem man statt des Kohlenwasserstoffs Metalldämpfe in den Tiegel leitet.

Johnson ließ sich folgende Methoden patentiren:

Man vermischt das Schwefelaluminium mit wasserfreier schwefelsaurer Thonerde in solchem Verhältniß, daß der in derselben enthaltene Sauerstoff gerade ausreicht, mit dem ganzen vorhandenen Schwefel schweflige Säure zu bilden. ($Al_2S_3 + Al_2O_3 . 3SO_3 = 4Al + 6SO_2$ oder $alS + alO . SO_3 = 2al + 2SO_2$.)

Die Mischung wird dann in einer nicht oxydirend wirkenden Atmosphäre zum starken Glühen erhitzt, wobei schweflige Säure entweicht und Aluminium zurückbleibt. Durch Umrühren der Masse wird diese Wirkung befördert. Das erhaltene Aluminium kann in ähnlicher Weise, wie es beim Puddeln des Eisens üblich ist, behandelt und dann entweder gewalzt oder gehämmert werden.

Oder: das Schwefelaluminium wird in einer sauerstofffreien Atmosphäre zum Rothglühen erhitzt und dann trocknes Wasserstoffgas (oder das durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohle erzeugte Gemenge von Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas) darüber geleitet. Sollte hierbei eine niedrigere Schwefelungsstufe entstehen, so sucht man das Aluminium durch eine Art Saigerung daraus abzuscheiden.

Corbelli in Florenz ließ sich für England folgende Methode patentiren:

100 Grm. Thon, welcher durch Schlämmen von fremdartigen Theilen befreit und sodann gut getrocknet wurde, werden mit etwa dem sechsfachen Gewicht Schwefelsäure oder ganz concentrirter Salzsäure behandelt, indem man die Mischung zuletzt in einem Tiegel bis zu 450 bis 500° erhitzt. Die so erhaltene Masse

wird mit 200 Grm. wasserfreiem Blutlaugensalz und 150 Grm. Kochsalz vermischt und diese Mischung in einem Tiegel zum Weißglühen erhitzt. Nach dem Erkalten findet man das reducirte Aluminium am Boden des Tiegels angesammelt.

Nach Versuchen von Deville gelingt die Reduction nach dieser Methode nicht.

Knowles zersetzt das Chloraluminium durch Cyankalium oder Cyannatrium, wobei unter Bildung von Chlorkalium und Chlornatrium Aluminium reducirt wird. Das Cyankalium soll aus dem atmosphärischen Stickstoff gewonnen werden, durch Schmelzen eines Gemenges von Potasche und Kohle unter Darüberleiten von Hohofengichtgasen.

Analysen von käuflichem Aluminium.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Aluminium	88,35	92,969	96,253	92,00	92,5	96,16	94,7
Silicium	2,87	2,149	0,454	0,45	0,7	0,47	3,7
Eisen	2,40	4,882	3,293	7,55	6,8	3,37	1,6
Kupfer	6,38	—	—	—	—	—	—
Blei	Spur	—	—	—	—	—	—
Natrium	—	Spur	Spur	—	—	—	—

1) Pariser, nach Salvétat. 2) Pariser. 3) Berliner, nach Mallet. 4) Pariser, im Haag verarbeitet. 5) und 6) Pariser, nach Dumas. 7) Von Bonn bezogen, nach Kraut.

Verarbeitung des Aluminiums. Wir haben oben bei den Eigenschaften des Aluminiums erwähnt, daß es sich leicht zu Blech auswalzen, zu Draht ziehen und zur dünnsten Folie ausschlagen lasse. Bei der weiteren Verarbeitung zu den verschiedensten Gegenständen machte sich dann der Umstand geltend, daß die Löthung des neuen Metalls anfangs unmöglich erschien. Auch diese Schwierigkeit ist jetzt als beseitigt zu betrachten, nachdem es Ph. Mourey, Gold- und Silberarbeiter zu Paris, gelungen ist, ein in neuerer Zeit noch wesentlich verbessertes Verfahren zu ermitteln, mittelst dessen man leicht jeden beliebigen Gegenstand aus dem neuen Metall anfertigen kann.

Wir entnehmen der Beschreibung der Methode, sowie das über die sonstige mechanische Bearbeitung einer Mittheilung von Dr. W. v. Schwarz in Paris, die fast wörtlich gleichlautend mit einer von Mourey veröffentlichten Originalabhandlung ist.

Löthen. Man bedarf je nach den zu verbindenden Gegenständen fünf verschiedener Lothe, die aus Legirungen von Aluminium mit Kupfer und Zink in verschiedenen Verhältnissen bestehen. Diese haben folgende Zusammensetzung:

Nr. 1.	80	Gewichtstheile	Zink,
	8	„	Kupfer,
	12	„	Aluminium.
Nr. 2.	85	„	Zink,
	6	„	Kupfer,
	9	„	Aluminium.
Nr. 3.	88	„	Zink,
	5	„	Kupfer,
	7	„	Aluminium.
Nr. 4.	90	„	Zink,
	4	„	Kupfer,
	6	„	Aluminium.
Nr. 5.	94	„	Zink,
	2	„	Kupfer,
	4	„	Aluminium.

Um die Lothe darzustellen, wirft man zuerst das Kupfer in den Tiegel. Ist dies geschmolzen, so wird das Aluminium, und zwar in 3 bis 4 Portionen getheilt, zugesetzt, um dadurch die geschmolzene Masse im Tiegel etwas abzukühlen. Wenn die beiden Metalle geschmolzen sind, rührt man die Masse mit einem kleinen Eisenstäbchen um und trägt endlich die erforderliche Menge möglichst reines, eisenfreies Zink ein, welches sehr rasch schmilzt. Man rührt darauf die Legirung nochmals schnell mit einem Eisenstäbchen um, bringt gleichzeitig etwas Fett oder Benzin (Steinkohlentheeröl) in den Tiegel, um dadurch den Zutritt der Luft und die Oxydirung des Zinks zu verhüten, und gießt endlich die ganze Masse in eine ebenfalls mit etwas Benzin ausgestrichene Stangenform aus. Nach dem Zusatz des Zinks muß die Operation sehr rasch zu Ende gebracht werden, weil sonst das Zink verdampfen und verbrennen würde. Sobald das Zink geschmolzen ist, nimmt man den Tiegel aus dem Ofen.

Die einzelnen Metallstücke, welche zusammengelöthet werden sollen, werden zuvörderst wohl gereinigt, dann an den Verbindungsstellen mit einer feinen Feile etwas rauh gemacht und von dem passenden Loth, welches zur Größe von Hirsekörnern zerkleinert ist, aufgetragen. Den Gegenstand legt man auf erwärmte Holzkohlen und bewirkt die Schmelzung des Loths durch die Flamme eines Gebläses, worin Leuchtgas durch einen Luftstrom verbrannt wird, oder durch eine Richemont'sche Terpentinöllampe. Während der Schmelzung streicht man das Loth mit einem kleinen Kolben von reinem Aluminium aus und sucht dabei das Loth so viel wie möglich in die Fugen durch gelindes Andrücken einzutreiben. Der Löthkolben aus reinem Aluminium ist wesentliches Bedingniß für das Gelingen der Operation, da ein Kolben aus jedem anderen Metall sich mit den Bestandtheilen des Loths legiren würde, während das geschmolzene Loth an dem Aluminiumkolben nicht haftet.

Die Wahl der einzelnen Lothe richtet sich nach der Beschaffenheit der zu löthenden Gegenstände; für Bijouteriewaaren u. dergl. wendet Mourey das Loth Nr. 1, für größere Gegenstände, wie Kaffeekannen, Tassen u. dergl. das Loth Nr. 4 an. Des letzteren bedient er sich überhaupt zu den meisten Zwecken.

Das beschriebene Verfahren weicht etwas von dem anfangs von Mourey gebrauchten ab, insofern er damals als Loth Legirungen anwandte, in welchen kein Kupfer, sondern nur Aluminium und Zink enthalten war. Er bediente sich dann einer der leichter schmelzbaren Legirungen, um die einzelnen Stücke zuerst zusammenzuheften, und verband sie später mit einem schwe-

rer schmelzbaren Loth. Um dabei eine Orydation des Loths zu vermeiden, fügte er zu diesem eine Quantität Copaivabalsam und Terpentin, welche ebenso wie beim Silberlöthen der Borax wirken. Bei dem neuen Löthen ist das Verfahren weit einfacher, insofern die Arbeit mit einem Loth beendigt wird und die Befeuchtung mit Balsam überflüssig ist.

Die so ausgeführten Löthungen sind so vollkommen, daß zusammengelöthete Streifen Aluminiumblech beim Hin- und Herbiegen nie an der Löthstelle, sondern nur außer derselben gebrochen werden können, was bei der besten Silberlöthung nicht einmal immer der Fall ist.

Guß des Aluminiums. Um das Aluminium gut schmelzen und gießen zu können, muß man die Quantität des Metalls, welche man schmelzen will, ja nicht auf einmal in den Tiegel, sondern nach und nach in kleinen Portionen eintragen, damit sich die Masse von Zeit zu Zeit bis zum völligen Schmelzen der ganzen Quantität etwas abkühle. Ein wesentlicher Handgriff zur Erlangung eines guten reinen Gusses besteht darin, die zu schmelzenden einzelnen Stücke in Benzin zu tauchen, bevor man sie in den Tiegel wirft. Mourey gießt sogar eine kleine Quantität Benzin nach vollendeter Schmelzung des Aluminiums in den Tiegel und empfiehlt die Anwendung des Benzins überhaupt beim Schmelzen aller edlen Metalle.

Verwendet man die bei der Verarbeitung des Aluminiums zu den verschiedenen Industrieartikeln sich ergebenden Abfälle, so muß man so viel wie möglich vorher die Stücke, an welchen Löthungen befindlich sind, ausscheiden, damit der neue Guß durch das Loth nicht verunreinigt werde. Das anhaftende Loth kann man ganz entfernen, wenn man die Abfälle in Salpetersäure legt, indem diese nur das Loth, nicht aber das reine Aluminium angreift.

Glühen des Aluminiums. Das Ausglühen der aus Aluminium angefertigten Gegenstände ist nicht schwieriger, als das aller übrigen Metalle. In dem Augenblick, wo das Aluminium sich zu röthen beginnt, ist dessen Ausglühen vollständig. Diejenigen Metallarbeiter, welche über den richtigen Zeitpunkt Besorgniß hegen sollten, können die Oberfläche des zu glühenden Gegenstandes mit einem fetten Körper bestreichen; das Verschwinden desselben bezeichnet den Moment, in welchem der Gegenstand aus dem Glühofen zu entfernen ist.

Walzen des Aluminiums. Das Aluminium läßt sich eben so leicht auswalzen wie andere Metalle, nur muß es öfter ausgeglüht werden.

Pressen und Austreiben des Aluminiums. Das Aluminium kann zu allen runden und hohlen Formen und Gefäßen, wie Thee- und Kaffeekannen u. dergl., auf der Drehbank gedrückt werden. Nur muß man sich dazu einer Art von Firniß aus 4 Th. Terpentinöl und 1 Th. Stearinsäure bedienen.

Gravirung und Guillochirung. Das Aluminium widersteht der directen Einwirkung des Grabstichels. Er gleitet auf der Oberfläche des Metalls wie auf einer harten Glasfläche ab. Sobald man aber den Firniß von Terpentinöl und Stearinsäure oder etwas Olivenöl mit Rum vermengt zu Hülfe nimmt, so dringt der Stichel wie in reines Kupfer ein.

Schleifen. Die getriebenen und gepreßten Gegenstände aus Aluminium können vor dem Glänzen sehr leicht mit Olivenöl und Bimstein abgeschliffen werden.

Glänzen und Poliren. Die Anwendung der bisher in den Gewerben benutzten Mittel zum Glänzen und Poliren der Metalle, als Seife, Wein, Essig, Leinsamenschleim, Eibischwurzeldecoct, führt bei dem Aluminium nicht nur nicht zum Ziele, sondern ist demselben sogar schädlich, weil der Blutstein und der Polirstahl damit das Metall ebenso ritzen, wie der Feuerstein das Glas. Man hat ebenfalls ohne Erfolg die Anwendung des Terpentinöls versucht. Mourey fand nach vielfachen Versuchen, daß eine Mischung von gleichen Gewichtstheilen Olivenöl und Rum, die in einer Flasche so lange geschüttelt wird, bis eine emulsionartige Masse entsteht, einen ausgezeichneten und sehr lebhaften Glanz giebt. Man taucht den Polirstein in diese Flüssigkeit und glänzt das Aluminium ebenso wie Silbergeräth; nur darf man beim Glänzen nicht stark aufdrücken. Die eigenthümlichen schwarzen Streifen, welche sich unter dem Polirstein bilden, dürfen nicht beirren, sie schaden dem Glanze nicht im mindesten. Man kann sie überdies von Zeit zu Zeit mit einem Baumwollenbäuschchen entfernen.

Reinigen und Entfetten. Als das beste Mittel zum Putzen des Aluminiums wurde das Benzin erkannt. Man taucht die Gegenstände in Benzin und trocknet sie darauf in feinem Sägemehl.

Färben, Vergolden und Versilbern. Die aus Aluminium gefertigten Gegenstände nehmen mit der Zeit an der Luft eine hellere Farbe an. Um ihnen diese sofort zu ertheilen, bringt Mourey sie in eine Flüssigkeit, die auf 1000 Th. Wasser 2 Th. Flußsäure enthält. Die Vergoldung und Versilberung auf galvanischem Wege bietet nicht die geringste Schwierigkeit. Man kann mittelst eines Deckgrundes beliebig Vergoldungen und Versilberungen auf Aluminium anbringen. Durch eine richtige Combination lassen sich auf demselben Gegenstande sechs verschiedene Metallfarben anbringen. Nämlich auf Aluminium Gold glänzend und matt, Silber glänzend, matt und bleigrau.

Die Vergoldung gelingt nach Tissier auch ohne Anwendung eines galvanischen Apparats durch Auftragen einer Lösung des bekannten Sel d'or, welche man bereitet, indem man 8 Grm. Gold in Königswasser löst, die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt und mit einem Ueberschuß von Kalkmilch versetzt, womit man bis zum nächsten Tage digeriren läßt; der Niederschlag von goldsaurem Kalk und Kalkhydrat wird mit Wasser gewaschen und dann mit einer Lösung von 20 Grm. unterschwefligsaurem Natron in 1 Liter Wasser übergossen. Nach einigen Stunden filtrirt man. Die Flüssigkeit vergoldet das Aluminium vollständig schon in der Kälte. Das Metall muß vorher abgebeizt werden, indem man es nach einander mit Kalilösung, Salpetersäure und Wasser behandelt.

Legirungen. Das Aluminium verbindet sich mit den meisten Metallen. Inwieweit die Eigenschaften des Aluminiums durch einen Gehalt an anderen Metallen abgeändert werden und welchen Einfluß ein Aluminiumgehalt auf andere Metalle ausübt, haben wir schon im

Wesentlichen früher (S. 444) mitgetheilt. Legirungen aus reinen Metallen sind bis jetzt nur sehr wenige dargestellt und noch weniger genau studirt worden. Wir müssen uns daher darauf beschränken, auch hier nur historisch zu skizziren.

Calvert und Johnson stellten Legirungen von Aluminium mit Eisen und mit Kupfer dar. Sie gewannen die mit Eisen, indem sie ein Gemisch von 8 Aeq. Chloraluminium, 4 Aeq. Eisenfeile und 8 Aeq. Kalk zwei Stunden lang der Weißglühhitze aussetzten. Es entstand dabei eine Legirung, die 12 Th. Aluminium und 88 Th. Eisen enthielt, mithin der Formel $AlFe_4$ entsprach. Sie war außerordentlich hart und konnte geschmiedet und geschweißt werden; an feuchter Luft rostete sie. Eine ähnliche Legirung wurde erhalten, als dieselbe Mischung, aber mit Zusatz von etwas Kohle, zwei Stunden dem Feuer einer Schmiedeesse ausgesetzt wurde. In der dabei fallenden Schlacke, aus Chlorcalcium und Kohle bestehend, befanden sich eine große Anzahl Kügelchen von der Größe einer Erbse bis zu der eines Stecknadelknopfes. Diese waren silberweiß und sehr hart, sie rosteten aber weder in feuchter Luft noch durch Berührung mit salpetriger Säure und enthielten 24,5 Th. Aluminium und 75,5 Th. Eisen, mithin der Formel Al_2Fe_3 entsprechend. Diese Legirung, mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, giebt das Eisen ab und hinterläßt reines Aluminium.

Auf ähnliche Weise erhielten sie zwei Legirungen mit Kupfer, deren Zusammensetzung den Formeln $AlCu_5$ und $AlCu_3$ entsprach, über deren Eigenschaften aber keine weiteren Angaben gemacht sind.

Eine andere Methode zur Darstellung von Kupfer- und Eisenlegirungen wurde Benzon für England patentirt und von ihm folgendermaßen beschrieben:

Zur Darstellung der Legirung mit Kupfer vermengt man metallisches Kupfer oder Kupferoxydul, oder Kupferoxyd, in möglichst fein vertheiltem Zustande, mit fein gepulverter reiner, aus Alaun dargestellter Thonerde und Kohle, vorzugsweise Thierkohle. Die Thonerde und das Kupfer oder dessen Oxyde werden im stöchiometrischen Verhältniß, von der Kohle aber ein Ueberschuß angewandt. Die Mischung bringt man in einen Gußstahlschmelztiegel, dessen Wände mit Kohle ausgekleidet sind, bedeckt sie darin noch mit Kohle, setzt den Tiegel so lange einer Temperatur aus, die dem Schmelzpunkt des Kupfers nahe kommt, bis die Thonerde reducirt ist, und steigert darauf die Hitze so weit, daß die Legirung zusammenschmilzt. Auf diese Weise kann man eine Reihe von Legirungen erhalten, deren Härte und sonstige Eigenschaften von ihrem Aluminiumgehalt abhängen. Um Legirungen von bestimmter Zusammensetzung zu erhalten, ist es am zweckmäßigsten, sich zuerst eine Legirung von möglichst hohem Aluminiumgehalt darzustellen, diese zu analysiren und sie dann in den erforderlichen Verhältnissen mit Kupfer zusammenzuschmelzen.

Der für das Kupfer und dessen Oxyde beschriebene Proceß kann auch zum Reduciren der Thonerde mit Eisen und dessen Oxyden angewandt werden, nur muß man dabei die Kohle in größerem Ueberschuß zusetzen, ferner eine stärkere Hitze geben und diese länger andauern lassen, als zur Darstellung einer Kupferlegirung. In Berührung mit Eisenoxyden wird die Thonerde leichter reducirt, als mit metallischem Eisen.

Wären diese Methoden ausführbar, so wäre einerseits die Möglichkeit gegeben, die Kupferlegirung zu billigem Preise und andererseits aus der Eisenlegirung das reine Aluminium leicht darzustellen. Bei Versuchen, die in den Laboratorien zu Zürich und Augsburg angestellt wurden, ergab sich jedoch, daß das niedergeschmolzene Kupfer kaum Spuren oder gar kein Aluminium enthielt.

Hirzel stellte eine Reihe von Legirungen mit Kupfer, Silber und Zinn nach Aequivalentverhältnissen dar. Das dazu benutzte Aluminium war frei von Kupfer, enthielt aber Eisen und Silicium, deren Quantitäten nicht bestimmt wurden. Die Legirung Al_2Ag ist nach ihm sehr porös, silberweiß, an der Luft bald anlaufend, spec. Gew. 6,733. $AlAg$ ebenfalls silberweiß, wenig porös, an der Luft anlaufend, spec. Gew. 8,744. $AlAg_2$ rein silberweiß, sehr hämmerbar, geschmeidig, an der Luft anlaufend, spec. Gew. 9,376. Die meisten seiner Kupferlegirungen sind sehr spröde und leicht oxydirbar. Nur die Legirung von 6 bis 10 Th. Aluminium mit 90 bis 94 Th. Kupfer ist fest, geschmeidig, haltbar, von schöner Goldfarbe. Legirungen von viel Aluminium mit wenig Kupfer sind nicht geschmeidig und bläulich oder graulich weiß. Bei 60 bis 70 Proc. Aluminium sind sie sehr spröde, glashart, schön krystallinisch. Bei 50 Proc. Aluminium ist die Legirung ganz mürbe, unter 30 Proc. nimmt die Härte wieder zu.

Von den Zinnlegirungen sind diejenigen, welche mehr als 30 Proc. Aluminium enthalten, silberweiß, aber porös und brüchig. Eine 19 Proc. und namentlich 7 Proc. Aluminium enthaltende Legirung ist hingegen bei schöner weißer Farbe geschmeidig.

Mit Blei vereinigt sich Aluminium nicht. Gleiche Aequivalente Zink und Aluminium, unter einer Decke von Kochsalz und Chlorkalium zusammengeschmolzen, vereinigen sich unter Feuererscheinung zu einer silberweißen, sehr spröden krystallinischen Legirung von 4,532 spec. Gew.

Die einzige Legirung, welche einer ausgedehnteren Anwendbarkeit fähig scheint, ist die von 90 Th. Kupfer und 10 Th. Aluminium, die als Aluminiumbronze bezeichnet wird. Sie vereinigt große Härte mit großer Zähigkeit und besitzt eine schöne goldgelbe Farbe. Sie läßt sich bei Kirschrothgluth schmieden und kann in der Hitze wie Stahl bearbeitet werden. Nach Versuchen von v. Burg erfordert ein heiß gehämmertes Prisma von 1 Quadratzoll Querschnitt zur Zerreißung eine Belastung von 80000 Pfd., ein gegossenes, nicht gehämmertes Prisma von demselben Querschnitt zerriß bei einer Belastung von 61530 Pfd.

Nach Versuchen von Lechatelier erforderten Cylinder von 1 Quadratmillimeter Querschnitt von verschieden zusammengesetzten Bronzen folgende Belastung zur Zerreißung:

Zusammensetzung der Bronze.		Zerreißungsgewicht pro Quadratmillimeter.
Aluminium.	Kupfer.	Kilogr.
10	90	58,36
10	90	55,35
8	92	33,18
5	95	32,2
5	95	31,43

Die Festigkeit der gegossenen Aluminiumbronze liegt daher zwischen der des Eisens und Stahls, die der gehämmerten Bronze kommt der des stahlartigen Eisens nahe.

Aus solcher Bronze wurde von Christofle in Paris ein Zapfenlager für eine Polirscheibe angefertigt, die in der Minute 22000 Umdrehungen machte; es wurde erst nach achtzehn Monaten unbrauchbar, während andere Lager schon nach drei Monaten durch neue ersetzt werden mußten. Ein anderes Lagerfutter für eine Sägemaschine, welche 240 Umdrehungen in der Minute machte, zeigte nach einem Jahr noch keine Spur von Abnutzung, während die Lagerfutter von gewöhnlicher Bronze bei dieser Maschine höchstens eine Dauer von vier Monaten hatten. Auch Handschußwaffen, aus Aluminiumbronze angefertigt, hielten die strengsten Proben vortrefflich aus.

In Paris sind sogar Kanonen daraus angefertigt worden. Für denselben Zweck erhielt Lancaster 1858 ein Patent für England. Es sind jedoch bis jetzt noch keine Erfahrungen über die damit erlangten Resultate mitgetheilt. Das einzige Hinderniß für diesen Zweck dürfte aus dem noch zu hohen Preise des Aluminiums herzuleiten sein. Denn nach einer Berechnung des Artillerieoberst Weber berechnet sich der Preis der Aluminiumbronze, wenn man 1 baierisches Pfund Aluminium zu 26 Gulden 8 Kreuzer (1 Kilogr. = 100 Frc.), den baierischen Centner Kupfer zu 75 Gulden und den Centner Zinn zu 85 Gulden annimmt, auf 338 Gulden 42 Kreuzer, während die gewöhnliche Bronze von 90 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn 78 Gulden 17 Kreuzer kostet. Ein Geschützrohr von 10 Ctnr. Gewicht würde daher aus Aluminiumbronze 3387 Gulden, aus gewöhnlicher Bronze 782 Gulden 48 Kreuzer kosten.

Bei dieser Berechnung sind jedoch, wie Brigleb sehr richtig bemerkt, zwei Umstände außer Acht gelassen, nämlich erstens das geringere specifische Gewicht der Aluminiumbronze und zweitens die größere Festigkeit derselben. Das specifische Gewicht der Aluminiumbronze ist 7,263, das der Zinnbronze 8,744. Ein Rohr aus Aluminiumbronze von denselben Dimensionen, verglichen mit einem 10 Ctnr. schweren aus gewöhnlicher Bronze, würde daher nur 8,3 Ctnr. wiegen. Die Festigkeit der gewöhnlichen verhält sich aber zu der der Aluminiumbronze wie 32000 zu 78862, man würde daher die Wandstärke der Geschütze in diesem Verhältniß verringern können, woraus sich ergiebt, daß ein aus Aluminiumbronze gefertigtes Rohr von 3,37 Ctnr. Gewicht dieselbe Leistungsfähigkeit haben muß wie ein 10 Ctnr. schweres von gewöhnlicher Bronze. Dadurch verringert sich aber der berechnete Preis von 3387 Gulden auf 1141 Gulden 36 Kreuzer.

Verbindungen des Aluminiums. In allen Verbindungen, die das Aluminium mit anderen Elementen eingeht, finden sich stets 2 Aeq. Aluminium mit 3 Aeq. der anderen Elemente verbunden. Wir kennen nur ein Oxyd Al_2O_3, ein Chlorid Al_2Cl_3, eine Schweflungsstufe Al_2S_3 ꝛc. Es sind daher diese Verbindungen dem Eisenoxyd, Eisenchlorid ꝛc. analog, während die dem Eisenoxydul, Eisenchlorür ꝛc. entsprechenden fehlen. Das Oxyd des Aluminiums Al_2O_3, die Thonerde, ist mit dem Eisenoxyd isomorph, sie krystallisirt in derselben Form wie dieses, ihre Salze haben dieselbe Zusammensetzung, dieselbe Krystallform, fast dieselben Eigenschaften, wie die des Eisenoxyds.

In diesen Verbindungen ist das Aluminium äquivalent $1\frac{1}{2}$ Atomen Wasserstoff, 2 Atome Aluminium müssen darin offenbar denselben Platz einnehmen wie in entsprechenden Verbindungen 3 Atome Wasserstoff, so z. B.

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}Al\\Al\end{matrix}\right\}O_3}_{\text{Thonerde.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}O_3}_{\text{Wasser.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}Al\\Al\end{matrix}\right\}Cl_3}_{\text{Chloraluminium.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}Cl_3}_{\text{Chlorwasserstoffsäure.}}$$

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}Al\\Al\end{matrix}\right\}S_3}_{\text{Schwefelaluminium.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}S_3}_{\text{Schwefelwasserstoff.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}Al\\Al\end{matrix}\right\}O_3\ 3\ SO_3}_{\text{Schwefelsaure Thonerde.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}O_3\ 3\ SO_3}_{\text{Schwefelsäure.}}$$

Betrachtet man die Schwefelsäure als zweibasische Säure, abgeleitet von dem Typus $\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$ und schreibt sie demnach $\left.\begin{matrix}S_2^{\prime\prime}O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$, so muß man, um die Formel der neutralen schwefelsauren Thonerde zu schreiben, die Formel der Schwefelsäure verdreifachen, worin man dann 6 Aequivalent Wasserstoff hat, die durch 4 Aequivalent Aluminium vertreten werden. Also:

$$\underbrace{\begin{matrix}\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4\\\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4\\\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4\end{matrix}}_{\text{Typus Wasser.}} \qquad \underbrace{\begin{matrix}\left.\begin{matrix}S_2^{\prime\prime}O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4\\\left.\begin{matrix}S_2^{\prime\prime}O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4\\\left.\begin{matrix}S_2^{\prime\prime}O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4\end{matrix}}_{\text{Schwefelsäure.}} \qquad \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2^{\prime\prime}O_4\\S_2^{\prime\prime}O_4\\S_2^{\prime\prime}O_4\\Al_4\end{matrix}\right\}O_{12}}_{\text{Schwefelsaure Thonerde.}}$$

Die schwefelsaure Thonerde bildet eine Reihe von Doppelsalzen, die unter dem Namen Alaun bekannt sind, es ist darin mit einem Aequivalent schwefelsaurer Thonerde ein Aequivalent schwefelsaures Kali, schwefelsaures Ammoniak ꝛc. verbunden. Nach der alten Schreibweise werden die Alaune durch folgende Formel

$$Al_2O_3,\ 3\,SO_3\ .\ KOSO_3$$

geschrieben. Die Schwefelsäure zweibasisch genommen, ist demnach der Kalialaun:

$$\left.\begin{matrix}S_2^{\prime\prime}O_4\\S_2^{\prime\prime}O_4\\S_2^{\prime\prime}O_4\\Al_4\end{matrix}\right\}O_{12} + \left.\begin{matrix}S_2^{\prime\prime}O_4\\K_2\end{matrix}\right\}O_4$$

Weit einfacher gestalten sich alle diese Verbindungen, wenn man das Atomgewicht des Aluminiums so be-

rechnet, daß es äquivalent mit einem Atom Wasserstoff wird. Das gewöhnlich angenommene Atomgewicht des Aluminiums ist 13,7. Zwei Atome oder 13,7 . 2 = 27,4 Th. Aluminium nehmen in den Verbindungen denselben Raum ein wie 3 Atome oder 3 Th. Wasserstoff, daher sind $\frac{27,4}{3} = 9,1$ Th. Aluminium äquivalent mit 1 Th. oder 1 Atom Wasserstoff. Dem Aluminium mit dem Atomgewicht 9,1 giebt man das Zeichen al. Dann ist:

Thonerde alO
Chloraluminium $alCl$
Schwefelaluminium alS

Schwefelsaure Thonerde $\left.\begin{matrix} S_2\overset{''}{O}_4 \\ al_2 \end{matrix}\right\} O_4$

Kalialaun $\left.\begin{matrix} S_2\overset{''}{O}_4 \\ al_2 \end{matrix}\right\} O_4$ $\left.\begin{matrix} S_2\overset{''}{O}_4 \\ alK \end{matrix}\right\} O_4$

Aluminiumoxyd, $Al_2O_3 = alO$, **Thonerde**, Alaunerde. Das Aluminiumoxyd oder die Thonerde, Alaunerde, wie es nach seinem Vorkommen im Thon und Alaun genannt wird, findet sich in reinem Zustande nur selten in der Natur. Der farblose Korund ist reine Thonerde, im Rubin und Saphir ist sie durch Spuren von Chromoxyd und Kobaltoxyd gefärbt. (Nach Deville und Caron ist es wahrscheinlich, daß die blaue Farbe des Saphirs ebenfalls durch eine Oxydationsstufe des Chroms bewirkt wird.) In größerer Menge, jedoch auch nur an wenig Orten, findet sich ein ebenfalls im Wesentlichen aus reiner Thonerde bestehendes Mineral, der Smirgel. Am verbreitetsten in der Natur sind die Doppelverbindungen der Thonerde und anderen Basen mit Kieselsäure, wozu z. B. Feldspath, Glimmer und eine große Reihe der wichtigsten Mineralien und die aus ihrer Zersetzung hervorgegangenen Producte, der Thon 2c., gehören. Sie bilden die größte Masse unserer Erdrinde, in Form von Thon gehen sie in jede Ackerkrume über und bedingen deren Fruchtbarkeit. Die Thonerde selbst wird aber nicht von den Pflanzen (mit Ausnahme einer einzigen Gattung) aufgenommen und kann sich also auch nicht im Thierkörper finden.

Auf künstliche Weise stellt man die Thonerde aus ihren Salzen dar und am leichtesten aus dem Alaun, einem Doppelsalz von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kali oder schwefelsaurem Ammoniak. Eine Lösung desselben wird siedendheiß so lange mit einer Lösung von kohlensaurem Natron versetzt, bis die Flüssigkeit deutlich alkalisch reagirt. Die schwefelsaure Thonerde des Alauns wird dabei zersetzt, der größte Theil der Schwefelsäure verbindet sich sofort mit dem Natron, während die Kohlensäure unter lebhaftem Aufbrausen entweicht. Es fällt dabei zuerst ein basisch schwefelsaures Thonerdesalz nieder, in dem Maße aber, als mehr kohlensaures Natron zugesetzt wird, wird diesem basischen Salze die Schwefelsäure entzogen und beim Digeriren mit überschüssigem kohlensaurem Natron geht sie ganz in Lösung über. Das niedergefallene Thonerdehydrat ist aber nicht rein, es enthält Natron gebunden, welches ihm nicht durch Auswaschen entzogen werden kann. Man wäscht daher den Niederschlag zuerst mit siedendem Wasser so weit aus, bis das Waschwasser beim Vermischen mit Chlorbaryum nur noch eine sehr schwache Reaction auf Schwefelsäure giebt, löst darauf den Niederschlag in Salzsäure, fällt die Thonerde durch einen Ueberschuß von Ammoniak, erhitzt zum Sieden und wäscht dann vollständig aus. Diese doppelte Fällung ist, wenn es sich um die Darstellung eines reinen Präparats handelt, erforderlich, weil das sich zuerst ausscheidende basische Salz nicht durch Ammoniak zersetzt wird; würde man daher gleich anfangs mit Ammoniak fällen, so würde dem Thonerdehydrat basisch schwefelsaure Thonerde beigemischt bleiben.

Das so dargestellte Thonerdehydrat ist eine rein weiße, sehr voluminöse, fast kleisterartige Masse, die sich sehr schwierig auswaschen läßt. Durch Aufkochen und Waschen mit siedendem Wasser wird der Niederschlag etwas dichter, bleibt aber doch immer sehr voluminös. Setzt man ihn der Frostkälte aus, so verwandelt er sich in ein ziemlich dichtes Pulver, welches sich weit besser waschen läßt. Beim Trocknen schwindet das Thonerdehydrat sehr zusammen und bildet dann dichte, weiße, an den Kanten durchscheinende Stücke.

In Wasser ist das so dargestellte Thonerdehydrat vollkommen unlöslich. Es ist dagegen leicht löslich in verdünnten Säuren, in Kali- und Natronlauge. In Ammoniak löst es sich in geringer Menge, die Gegenwart von Ammoniaksalzen verringert die Löslichkeit bis auf ein nicht zu beachtendes Minimum. Aus der Lösung in Kali und Natron wird das Thonerdehydrat durch Ammoniaksalze (alkalihaltig) wieder gefällt. Bringt man metallisches Aluminium in Ammoniakflüssigkeit, so wird Wasserstoff frei und Thonerdehydrat gebildet, von dem ein ziemlich großer Theil im Ammoniak gelöst bleibt.

Beim Erhitzen giebt das Thonerdehydrat sein Wasser ab. Je nach der Temperatur, welcher die Thonerde dabei ausgesetzt wurde, zeigt sie verschiedene Eigenschaften. Hat man nur schwach geglüht, so ist die Thonerde im höchsten Grade hygroskopisch und zieht in sehr kurzer Zeit an der Luft bis zu 15 Proc. Wasser an. In diesem Zustande ist sie noch ziemlich leicht in Salzsäure und Schwefelsäure löslich. Erhitzt man stärker, so wird sie dichter und löst sich nur noch sehr schwierig in concentrirten Säuren. Anhaltend einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt, verliert sie ihre hygroskopischen Eigenschaften vollständig und wird vollkommen unlöslich selbst in den concentrirtesten Säuren. Die durch Verbrennen des Aluminiums in Sauerstoff erhaltene Thonerde, sowie die natürlich vorkommende, hat diese Eigenschaften. Sie kann dann nur wieder in den löslichen Zustand übergeführt werden, indem man sie auf das Feinste pulvert und mit saurem schwefelsaurem Kali oder mit kohlensaurem Natron-Kali anhaltend schmilzt. Bei den durch gewöhnliche Brennstoffe hervorzubringenden Temperaturen schmilzt die Thonerde nicht. Nur in der Hitze des Knallgasgebläses wird sie flüssig; beim Erkalten erstarrt sie krystallinisch. Die geschmolzene Thonerde unterscheidet sich von der ebenfalls im Knallgasgebläse schmelzenden Kieselsäure dadurch, daß sie sich nicht wie jene zu Faden ziehen läßt.

Das Thonerdehydrat verbindet sich mit allen Farbstoffen, es entzieht diese ihren wäßrigen Lösungen sowohl wenn man diese mit feuchtem Thonerdehydrat zusammenbringt, als wenn man sie mit Thonerdesalzen mischt und mit Ammoniak fällt. Diese Verbindungen nennt man Lacke und verwendet sie auf die verschiedenste Weise in der Malerei. Auf derselben Eigenschaft beruht die Anwendung der Thonerdesalze in der Färberei und beim Zeugdruck als Beizen.

Eine ganz eigenthümliche Modification des Thonerdehydrats erhält man nach W. Crum durch anhaltendes Erhitzen der essigsauren Thonerde. Die Essigsäure entweicht dabei und es bleibt ein in Wasser lösliches Hydrat zurück.

Man erhält es auf folgende Weise:

Eine Lösung von chemisch reiner schwefelsaurer Thonerde wird mit Bleizucker vermischt, bis alle Schwefelsäure als schwefelsaures Bleioxyd ausgefällt ist. Den Ueberschuß von Blei entfernt man durch Schwefelwasserstoff und läßt die Flüssigkeit 5 bis 6 Tage bei einer Temperatur von 20° ruhig stehen. Es scheidet sich dann ein unlösliches Salz aus, welches auf 1 Aeq. Thonerde 2 Aeq. Essigsäure enthält. 24 Th. von diesem Salz übergießt man mit einer Mischung von 40 Th. Wasser und 15 Th. concentrirter Schwefelsäure, verdünnt noch mit 80 Th. Wasser und fügt 44 Th. kohlensaures Bleioxyd hinzu. Durch diese Behandlung wird das unlösliche essigsaure Salz in eine lösliche Modification von derselben Zusammensetzung übergeführt. Das kohlensaure Bleioxyd dient zur Entfernung der zugesetzten Schwefelsäure. Man filtrirt vom schwefelsauren Bleioxyd ab, leitet Schwefelwasserstoff in die Flüssigkeit und setzt vorsichtig so viel essigsauren Baryt zu, als erforderlich ist, um die geringe Menge von noch vorhandener Schwefelsäure zu beseitigen. Diese Lösung enthält dann nahezu 5 Proc. Thonerde. Sie wird so weit verdünnt, daß auf 200 Th. Flüssigkeit nur 1 Th. Thonerde kommt, und in ein verschlossenes Gefäß gebracht, welches zehn Tage und Nächte lang in kochendem Wasser eingetaucht ist. Es findet dabei eine vollständige Zersetzung des Salzes Statt, die Essigsäure sowie das Thonerdehydrat sind beide in freiem Zustande in der Flüssigkeit gelöst. Um die Essigsäure zu entfernen, verdünnt man die Flüssigkeit mit Wasser auf das Doppelte ihres Volums, bringt sie in einem geräumigen Gefäß, dessen Boden nicht mehr als zu $1/4$ Zoll Tiefe damit bedeckt sein darf, zum lebhaften Sieden und unterhält dieses ungefähr $1\frac{1}{2}$ Stunden lang, wobei alle Essigsäure entweicht. Das dabei verdampfende Wasser muß beständig durch frisches ersetzt werden.

Die so erhaltene Flüssigkeit ist vollkommen klar und geschmacklos. Verdampft man sie im Wasserbade zur Trockne, so bleibt ein Thonerdehydrat, welches beim Glühen 2 Aeq. Wasser verliert.

Die Lösung des Thonerdehydrats zeigt höchst merkwürdige Eigenschaften. Mischt man 1 Th. Schwefelsäure (SO_3) in 1000 Th. Wasser mit 8000 Th. einer Lösung, welche 20 Th. Thonerde enthält, so verwandelt sich das Ganze in eine feste durchsichtige Gallerte. Durch Auspressen läßt sich der flüssige Theil von der Gallerte trennen, die letztere enthält fast die Gesammtmenge der zugesetzten Schwefelsäure. Aehnlich verhalten sich Citronensäure, Weinsäure, Oxalsäure und die meisten übrigen organischen Säuren, mit Ausnahme von Essigsäure und Ameisensäure; Salpetersäure und Salzsäure müssen in weit größerer Menge angewandt werden, es bringen 300 Aeq. dieser Säuren denselben Effect hervor wie 1 Aeq. Schwefelsäure. Arsenige Säure, Borsäure und einige andere coaguliren nicht.

1 Th. Kali in 1000 Th. Wasser coagulirt 9000 Th. der Lösung. Natron, Ammoniak, Kalk wirken gleich. Eine siedende Lösung von Kali oder Natron löst das Coagulum sogleich und verwandelt die Thonerde in die gewöhnliche Modification. Ebenso verhält sich concentrirte Schwefelsäure und Salzsäure.

Von essigsauren Salzen ist eine große Quantität erforderlich, um die Coagulation hervorzubringen. Der feste Theil des durch essigsaures Natron gefällten Coagulums löst sich auf Zusatz von Wasser wieder auf.

Der menschliche Speichel coagulirt sofort, ein Theelöffel voll der Lösung in den Mund genommen, wird sogleich fest.

Vermischt man die Lösung mit Farbstoffabkochungen, wie Quercitron, Campecheholz 2c., so tritt Coagulation ein, der Farbstoff wird aber nicht mit gefällt, so daß die Thonerde in dieser Modification nicht mehr als Beize wirkt.

Eine zweite Modification der löslichen Thonerde ist von Graham entdeckt worden. Man erhält sie durch dialytische Zersetzung einer Lösung von Thonerdehydrat im Chloraluminium. Die Spaltung dieses basischen Salzes in reine Thonerde und freie Salzsäure bewirkt man durch Mitwirkung von Wasser, indem man die Lösung in einen flachen Behälter, dessen Boden durch eine Membran, thierische Blase, trocknes Collodium oder am zweckmäßigsten Pergamentpapier, gebildet wird und diesen in eine größere Schale mit Wasser bringt, auf solche Weise daß der Behälter an der Oberfläche des Wassers schwimmt. Die in dem Dialysator befindliche Lösung von Thonerde wird dann zersetzt, und zwar geht die Salzsäure durch die Membran in das Wasser über und lösliche Thonerde bleibt in dem Behälter zurück.

Eine Lösung, die auf 52 Th. Thonerde 48 Th. Salzsäure enthielt, hatte nach sechs Tagen so viel Salzsäure abgegeben, daß die Flüssigkeit 66,5 Proc. Thonerde enthielt, nach elf Tagen 76,5 Proc., nach siebenzehn Tagen 92,4 Proc., nach fünfundzwanzig Tagen gab salpetersaures Silber kaum mehr eine Reaction auf Chlor. Es war mithin alle Salzsäure in das den Dialysator umgebende Wasser übergegangen.

Diese Modification der Thonerde unterscheidet sich durch mehrere Eigenschaften von der von Crum entdeckten. Die geringsten Spuren von Salzen bewirken ihre Coagulation, so daß die Lösung nicht von einem Glase in das andere übergegossen werden kann, wenn dieses nicht vorher mit destillirtem Wasser auf das Sorgfältigste gereinigt war; ein Tropfen Brunnenwasser ist schon genügend, um ihre Abscheidung zu bewirken. Auch kleine Mengen von Säuren bewirken die Coagulation; aber die niedergeschlagene Thonerde löst sich leicht im Ueberschuß des Fällungsmittels. Gummi und Caramel

fällen sie leicht, durch Zucker und Weingeist wird sie aber nicht verändert. Sie verbindet sich mit allen Farbstoffen, während Crum's Thonerde, die Graham als Metathonerde bezeichnet, wohl durch Farbstoffe coagulirt, aber nicht gefärbt wird.

Eine Lösung, welche 0,5 Proc. Thonerde enthält, kann, ohne daß sie gefällt wird, gekocht werden; concentrirt man sie so weit, daß ihr Gehalt doppelt so hoch wird, so wird sie plötzlich coagulirt. Selbst in der verdünnten Lösung tritt stets nach wenigen Tagen freiwillig die Abscheidung der in Wasser unlöslichen Modification ein.

Da eine Lösung von Chloraluminium unzersetzt durch den Dialysator geht, so nimmt Graham an, die Lösung von Thonerdehydrat in Chloraluminium sei das neutrale Salz einer Verbindung, worin das Aluminium ein höheres Atomgewicht habe, als in seinen gewöhnlichen Salzen. Dieser Form des Aluminiums komme die Eigenschaft zu, solche lösliche Thonerde zu bilden, während das Oxyd des Aluminiums der anderen Verbindungen die gewöhnlich lösliche Thonerde bilde. Ganz ähnlich verhalten sich die löslichen bisher sogenannten basischen Salze des Eisenoxyds, des Zinnoxyds, sie sind nach Graham's Annahme ebenfalls neutrale Salze, in denen das Metall ein anderes Atomgewicht wie in seinen übrigen Verbindungen hat, wodurch diese Salze, deren Constitution bislang große Schwierigkeiten machte, in die einfachsten Verbindungen übergeführt werden.

Wasserfreie Thonerde. Im wasserfreien Zustande erhält man die Thonerde entweder durch Glühen des Hydrats, oder durch starkes Erhitzen ihrer schwefelsauren Salze.

Am einfachsten ist die Darstellung aus Ammoniakalaun. Die Krystalle desselben werden in einem reinen eisernen Gefäß gelinde erhitzt, wobei sie in ihrem Krystallwasser schmelzen. Das Wasser verdampft, es bleibt eine zähe Masse zurück, die sich bei stärkerem Erhitzen stark aufbläht und dabei unter theilweiser Zersetzung zu einer lockeren weißen Masse erstarrt. Diese läßt man erkalten, zerstößt sie zu Pulver und setzt sie in einem Tiegel einer lebhaften Rothgluth aus. Alles Ammoniak und fast die Gesammtmenge der Schwefelsäure entweichen dabei. Den Rest der Schwefelsäure kann man entfernen, wenn man die geglühte Masse mit einer Lösung von kohlensaurem Natron befeuchtet, eintrocknet und von Neuem glüht. Wäscht man dann mit Wasser aus, so geht die Schwefelsäure mit Natron verbunden in Lösung, die zurückbleibende Thonerde enthält dann aber Natron, welches jedoch für die technischen Verwendungen (zur Darstellung des Chloraluminiums) nicht schädlich ist.

Auf dieselbe Weise kann man nach Brunner die Thonerde aus dem Kalialaun darstellen. Man hat dann in der entwässerten und geglühten Masse neben Thonerde noch schwefelsaures Kali, welches man durch Auswaschen vor der Behandlung mit kohlensaurem Natron entfernt.

Leichter und mit geringeren Kosten erhält man die Thonerde nach Wöhler, indem man 4 Th. schwefelsaure Thonerde (concentrirten Alaun) mit 1 Th. wasserfreiem kohlensaurem Natron mischt und glüht. Der Rückstand wird durch Auswaschen mit Wasser vom schwefelsauren Natron befreit.

Krystallisirt erhält man die Thonerde nach Deville und Caron, indem man Fluoraluminium bei sehr hoher Temperatur auf Borsäure wirken läßt; es tritt dabei Zersetzung ein, indem der Sauerstoff der Borsäure sich mit dem Aluminium zu Thonerde verbindet, während Fluorbor entweicht.

Auf diese Weise lassen sich die Edelsteine: Korund, Rubin, Saphir künstlich darstellen. Farbloser Korund wird z. B. erhalten, wenn man in einen aus dichter Kohle angefertigten Tiegel Fluoraluminium bringt, darüber ein aus Kohle bestehendes, Borsäure enthaltendes Schälchen befestigt und den mit seinem Deckel verschlossenen und gegen die Einwirkung der Luft in angemessener Weise geschützten Tiegel etwa eine Stunde lang bis zur Weißgluth erhitzt. Die durch die Zersetzung gebildete Thonerde scheidet sich dabei in großen breiten, aber dünnen Krystallen, abgestumpften Rhomboedern mit Flächen eines hexagonalen Prismas, ab. Setzt man dem Fluoraluminium eine geringe Menge Fluorchrom zu und wendet einen aus Thonerde gefertigten Tiegel und ein aus Platin bestehendes Schälchen an, so erhält man violettrothen Rubin; unter denselben Umständen, manchmal zugleich mit Rubinkrystallen, werden blaue Krystalle von Saphir erhalten, deren Färbung entweder auf einem minderen Gehalt an Chrom beruht, oder darauf, daß letzteres in ihnen in einer anderen Oxydationsstufe enthalten ist, als in den Rubinkrystallen. Bei einem sehr großen Gehalt an Chromoxyd nehmen die Krystalle die grüne Farbe des Uwarowits an.

Früher wurde schon die Thonerde krystallisirt von Ebelmen erhalten, als er Thonerde mit Borax anhaltend der Hitze eines Porzellanofens aussetzte.

Als Hydrat oder im ganz schwach geglühten Zustande verbindet sich die Thonerde mit den stärkeren Säuren, wie Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure 2c., und bildet damit Salze, die zum größten Theil in Wasser löslich sind. In den schwächeren, so in allen organischen Säuren löst sich die Thonerde nicht; die Salze mit diesen Säuren stellt man am besten durch Zersetzung der schwefelsauren Thonerde mit den entsprechenden Baryt- oder Bleisalzen dar. Mit Kohlensäure bildet die Thonerde keine Verbindung. Die meisten Salze sind leicht in Wasser löslich und nur schwierig zum Krystallisiren zu bringen; die wenigen unlöslichen Salze, wie namentlich die Verbindungen mit Phosphorsäure, sind weiße, gelatinöse Massen, im Aussehen kaum von dem Thonerdehydrat zu unterscheiden. Die sämmtlichen neutralen Salze enthalten auf 1 Aeq. Thonerde 3 Aeq. Säure. Die Säure in den Salzen ist jedoch nur sehr lose gebunden, sie röthen stark Lackmuspapier und verhalten sich in mancher Beziehung, als ob ein Theil der Säure in ihnen im freien Zustande enthalten wäre. So löst eine Alaunlösung metallisches Eisen unter Wasserstoffentwicklung. Bei vorsichtigem Zusatz von Kali oder Natron entsteht zuerst kein Niederschlag, indem ein lösliches basisches Salz gebildet wird. Die Salze, welche flüchtige Säuren enthalten, geben diese schon beim Kochen ihrer Lösungen unter Bildung von basischen Salzen ab. Eine wäßrige Lösung von Chloraluminium, die man als

salzsaure Thonerde betrachten kann, verliert die Säure beim Eindampfen fast vollständig. Gelindes Glühen reicht in den meisten Fällen schon hin, um die Salze vollständig zu zersetzen.

Gegen Basen verhält die Thonerde sich wie eine Säure, sie löst sich leicht, wie oben erwähnt, in Kali und Natron. Ebenso verbindet sie sich mit Zinkoxyd (Gahnit), mit Magnesia (Spinell) und Kalk. Diese Verbindungen nennt man Aluminate.

Die neutralen Thonerdesalze verhalten sich gegen Reagentien folgendermaßen:

Schwefelwasserstoff bringt keine Fällung hervor.

Schwefelammonium fällt unter Abscheidung von Schwefel weißes Thonerdehydrat.

Kali und Natron fällen Thonerdehydrat, im Ueberschuß des Fällungsmittels löslich.

Ammoniak fällt Thonerdehydrat, im Ueberschuß, namentlich bei Gegenwart von Ammoniaksalzen, unlöslich.

Kohlensaures Kali und Natron und kohlensaures Ammoniak fällen Thonerdehydrat, im Ueberschuß unlöslich. Mit dem Thonerdehydrat fällt eine Verbindung von kohlensauren Alkalien und Thonerde, welche in Wasser unlöslich ist; der Niederschlag entwickelt daher stets beim Uebergießen mit Säuren Kohlensäure. Nach Muspratt soll kohlensaures Ammoniak eine Verbindung von Kohlensäure und Thonerde von der Formel $3\,Al_2O_3 . 2\,CO_2 + 16\,HO$ (?) fällen.

Phosphorsaures Natron fällt weiße, gelatinöse phosphorsaure Thonerde, in Säuren und Alkalien leicht löslich.

Mit dem Löthrohr kann man die Thonerde am leichtesten nachweisen, indem man die Probe mit salpetersaurem Kobaltoxydul befeuchtet und so in der Oxydationsflamme erhitzt. Sie zeigt nach dem Erkalten eine schöne blaue Farbe.

Schwefelaluminium, Al_2S_3 oder al S. Metallisches Aluminium verbindet sich mit Schwefel, wenn man es im Dampf desselben erhitzt, zu einer schwarzen Masse. Dieselbe läßt sich auch nach der S. 462 beschriebenen Fremy'schen Methode durch Erhitzen von Thonerde in Schwefelkohlenstoffdampf darstellen. In Berührung mit Wasser zersetzt sich das Schwefelaluminium sofort in entweichenden Schwefelwasserstoff und in Thonerdehydrat.

Chloraluminium, Al_2Cl_3 oder al Cl. Im wasserfreien Zustande läßt sich das Chloraluminium nicht durch Verdampfen der Lösung von Thonerde in Salzsäure darstellen, weil das Chloraluminium dabei in entweichende Salzsäure und Thonerde zerlegt wird. Man gewinnt es nach einer von Oersted entdeckten und auf die Darstellung einer Reihe von Chloriden anwendbaren Methode durch Glühen eines innigen Gemenges von Thonerde und Kohle in einem Strom von trocknem Chlorgas.

Man verfährt dabei nach Wöhler folgendermaßen: Thonerde wird mit Holzkohlenpulver vermischt und in einem Mörser mit so viel Oel angefeuchtet, als erforderlich ist, um eine plastische Masse zu bilden. Aus dieser formt man Stangen von ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser und glüht sie in einem Tiegel zwischen Kohlenpulver so lange, bis keine brennbaren Gase mehr entweichen. Nach dem Erkalten des Tiegels nimmt man die Stangen heraus, füllt damit ein an beiden Enden offenes Porzellan- oder Glasrohr, legt dieses in einen Verbrennungsofen und verbindet es an der einen Seite mit einem Chlorentwicklungsapparat, an der anderen Seite mit einer tubulirten Vorlage, aus deren Tubulus das im Ueberschuß angewandte Gas ins Freie oder in eine mit Kalkmilch gefüllte Flasche geleitet wird. Nachdem der ganze Apparat vorgerichtet und mit durch Schwefelsäure getrocknetem Chlorgas gefüllt ist, erhitzt man das Rohr zum Glühen, wobei das Chloraluminium sich verflüchtigt und sich in der Vorlage condensirt.

Die Thonerde stellt man zum Zweck der Chloraluminiumbereitung entweder durch Glühen von Ammoniakalaun, oder nach der Wöhler'schen Methode durch Glühen von schwefelsaurer Thonerde mit kohlensaurem Natron, oder nach Liebig dar, indem man eine Lösung von Alaun mit so viel Chlorbaryum vermischt, daß alle Schwefelsäure gefällt wird, die Lösung von Chloraluminium bis zur Syrupdicke verdampft und auf je 5 Th. des angewandten Alauns 1 Th. Stärke hinzumischt. Die Masse wird dann vollständig ausgetrocknet und geglüht, wobei alle Säure entweicht.

In der Fabrik zu Nanterne gewinnt man die Thonerde zum Theil aus den unreineren Stücken des Kryoliths (s. S. 460), zum Theil aus den Schlacken der Aluminiumfabrikation und den Rückständen der Natriumgewinnung. Die unreinen Stücke des Kryoliths werden fein gepulvert, mit drei Viertel ihres Gewichts gebranntem und zu Hydrat gelöschtem Kalk gemischt und mit einer hinreichenden Menge Wasser im eisernen Kessel durch einströmenden Dampf zum Sieden erhitzt. Der Kryolith wird dabei, wenn die Verhältnisse richtig getroffen sind, vollständig in eine Lösung von Thonerde-Natron und unlösliches Fluorcalcium zersetzt. Zum Gelingen der Operation ist aber unbedingt ein festes Einhalten gewisser Verhältnisse zwischen Kryolith, Kalk und Wasser erforderlich, da sonst andere Zersetzungen eintreten und statt des löslichen Thonerde-Natrons ein unlösliches Kalkaluminat und Aetznatron entsteht. Die Lösung des Thonerde-Natrons wird mit Kohlensäure gesättigt, wobei sich sehr dichtes Thonerdehydrat abscheidet und kohlensaures Natron gewonnen wird. Die Kohlensäure wird aus Kalkstein, den man mit der sauren Manganlösung von der Chlorentwicklung übergießt, entwickelt. Das kohlensaure Natron wird zur Trockne verdampft und dient zur Natriumfabrikation.

Die Rückstände, welche bei der Natriumgewinnung in der Retorte zurückbleiben, zerfallen sehr rasch unter Wasseraufnahme an der Luft. Sie enthalten nach einer Analyse von Deville:

Kohle	20,0
Kohlensaures Natron	14,5
Aetznatron	8,3
Schwefelsaures Natron	2,4
Kohlensauren Kalk und Eisenoxyd	29,8
Wasser	25,0
	100,0

Die Schlacken der Aluminiumfabrikation, wobei Aluminium-Natriumchlorid unter Zusatz von Kryolith durch Natrium reducirt wird, enthalten durchschnittlich 60 Proc. Kochsalz und 40 Proc. Fluoraluminium (meist mit etwas Thonerde und unzersetztem Kryolith). Ist statt des Kryoliths Flußspath als Schmelzmittel angewandt, so ist ein Theil des Kochsalzes der Schlacke durch Chlorcalcium vertreten, das Fluor des Flußspaths ist jedoch in Fluoraluminium verwandelt. Diese Schlacke wird zunächst mit Wasser gewaschen, um alles Lösliche zu entfernen, darauf 1 Th. des unlöslichen Rückstandes mit 4 bis 5 Th. Natriumrückständen gemischt und zum Rothglühen erhitzt. Die Masse kommt dabei in breiartigen Fluß, nach dem Erkalten wird sie mit Wasser gewaschen, wobei sich Thonerde-Natron löst. Die Lösung giebt bei der Behandlung mit Kohlensäure kohlensaures Natron und compactes Thonerdehydrat. Bei einem Versuch im Kleinen erhielt Deville aus 1000 Grm. Natriumrückständen und 160 Grm. gewaschener Aluminiumschlacke 110 Grm. wasserfreie Thonerde und 225 Grm. kohlensaures Natron.

Die Zersetzung des Thonerde-Natrons durch Kohlensäure geschieht in einem schief liegenden Cylinder, in welchem eine sich rasch umdrehende Flügelwelle die Flüssigkeit in starker Bewegung erhält. Die Flüssigkeit und die Kohlensäure treten in ununterbrochenem Strom am unteren Ende des Cylinders ein, die Lösung des kohlensauren Natrons mit der darin suspendirten Thonerde fließt oben ab. Die entweichenden Gase müssen ins Freie geleitet werden, weil sie viel Schwefelwasserstoff enthalten.

Nach Bunsen gewinnt man das Chloraluminium, indem man das auf eine von diesen Weisen bereitete Gemenge von Kohle und Thonerde in einen etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Liter fassenden gewöhnlichen weithalsigen Kolben füllt, der mit einem dicken Beschlag von Lehm und Hammerschlag versehen und so in einen geräumigen Ofen gelegt ist, daß der Hals aus der mit Lehm vermauerten Ofenthür 3 bis 5 Zoll in horizontaler Lage hervorragt. Ueber diesen Hals wird der Hals eines zweiten ähnlichen Glaskolbens gesteckt, so daß das Ganze zwei mit ihren Hälsen ohne Lutirung verbundene horizontal liegende Kolben bildet, von denen der eine im Ofen zur Erzeugung und Sublimation des Chloraluminiums, der andere außerhalb des Ofens zur Aufnahme des sublimirten Chloraluminiums dient. Um das Chlor in die Thonerdemischung leiten zu können, ist der als Vorlage dienende Kolben vom Mittelpunkte seiner Bodenwölbung in der Achse der beiden Hälse vermittelst einer dreieckig geschliffenen, mit Terpentinöl benetzt gehaltenen Spitze einer gewöhnlichen Feile durchbohrt und die Durchbohrung mit einer in Terpentinöl getauchten Korkfeile so viel erweitert, daß man dadurch ein weites Chlorzuleitungsrohr von schwer schmelzbarem Glase durch beide Hälse hindurch bis in die Thonerdemischung einführen kann. Die Darstellung des Chloraluminiums in dieser Vorrichtung bietet keine Schwierigkeiten dar. Man erhitzt zuerst den Kolben im Ofen bis zur schwachen Rothgluth und leitet darauf einen mit Wasser gewaschenen, wohlgetrockneten Chlorstrom in die Mischung. Die Bildung und Sublimation des Chloraluminiums geht leicht und vollständig von Statten, so daß man in wenigen Stunden leicht ein halbes Pfund Chloraluminium in der Vorlage sammeln kann.

Deville beschreibt seine Methode zur Darstellung des Chloraluminiums wie folgt:

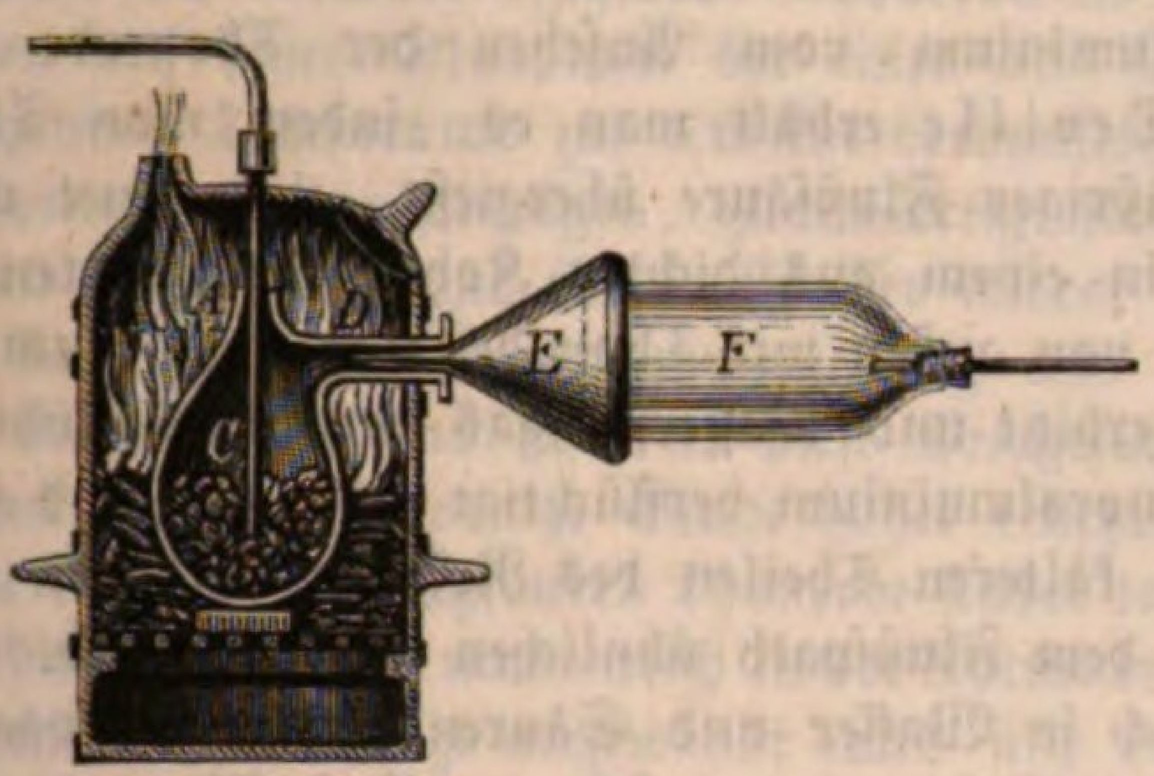
5 Kilogr. Thonerde, durch Glühen von eisenfreiem Ammoniakalaun dargestellt, wurden mit 2 Kilogr. Kohlenpulver und etwas Oel zu einer teigartigen Masse gemischt und diese stark geglüht. Die erhaltene kohlige Masse wurde in Stücke zerbrochen und in die thönerne, 10 Liter fassende Retorte C (Fig. 94) gebracht. Diese Retorte wurde dann in einen Ofen gestellt und zum Rothglühen erhitzt, während man durch den Tubulus A einen Strom trocknes Chlorgas hineinleitete. Anfangs entweicht aus dem Halse D viel Wasserdampf, welchen die thonerdehaltige Kohle aus der Luft angezogen hat. Wenn das Chloraluminium zu erscheinen beginnt, verbindet man mit dem Halse D einen Porzellantrichter E, indem man die Fuge durch Einstecken von Asbest und Lutiren mit einem Gemenge von Töpferthon und Kuhhaaren dichtet. Mit der äußeren Mündung des Trichters wird eine tubulirte Glocke F verbunden, indem man die Fuge am Trichter ebenfalls lutirt. Das Chloraluminium verdichtet sich in der Glocke und bleibt vollständig darin zurück, wie stark auch der Chlorstrom sein mag. Das Chlor wird während der ersten drei Viertel der Operation von der kohlehaltigen Thonerde so gut absorbirt, daß das durch den Tubulus der Glocke entweichende Kohlenoxydgas Lackmus nicht bleicht und leicht angezündet werden kann. Dieses Gas raucht jedoch stets ein wenig wegen eines geringen Gehalts an Chlorsilicium. Wenn die Glocke F sich gefüllt hat, trennt man sie von dem Trichter, um das in ihr enthaltene krystallisirte Chloraluminium herauszunehmen, und ersetzt sie sofort durch eine andere. Auf drei Mal entnahm Deville im Ganzen 10,15 Kilogr. Chloraluminium. In der Retorte C blieb etwa 1 Kilogr. kohlige Masse zurück, die zu ungefähr einem Drittel aus Thonerde bestand. Der Rückstand wurde ausgewaschen, von Neuem mit Thonerde gemischt und zu einer neuen Operation verwandt, die fast 11 Kilogr. Chloraluminium lieferte.

Um die Operation im großen Maßstabe auszuführen, wandte Deville ebenfalls Thonerde an, die durch Calciniren von eisenfreiem Ammoniakalaun dargestellt war. Das Calciniren geschah in dem zur Natriumfabrikation dienenden Flammofen (s. den Art. Natrium) in gußeisernen cylindrischen Töpfen, wie man sie zur Beinschwarzfabrikation anwendet. Der bei starker Rothglühhitze calcinirte Alaun wurde gepulvert und mit Steinkohlentheer unter Zusatz von etwas Holzkohlenpulver gemischt; dieser Zusatz ist jedoch unnütz, wenn man das Gemenge von Thonerde und Theer etwas flüssig macht. Die durch Bearbeitung sorgfältig gemischte Masse bringt man in die Töpfe, verschließt diese mit ihren Deckeln und setzt sie in den Flammofen. Wenn keine Theerdämpfe mehr erscheinen, nimmt man die Töpfe heraus und verwendet die darin enthaltene kohlige Masse, so lange sie noch ganz heiß ist.

Den Chlorstrom lieferte eine Batterie von acht gro-

ßen Steinzeugflaschen, von denen jede 45 Liter Salzsäure enthielt. Vier davon wurden alle 24 Stunden beschickt, während die übrigen sich abkühlten. Es

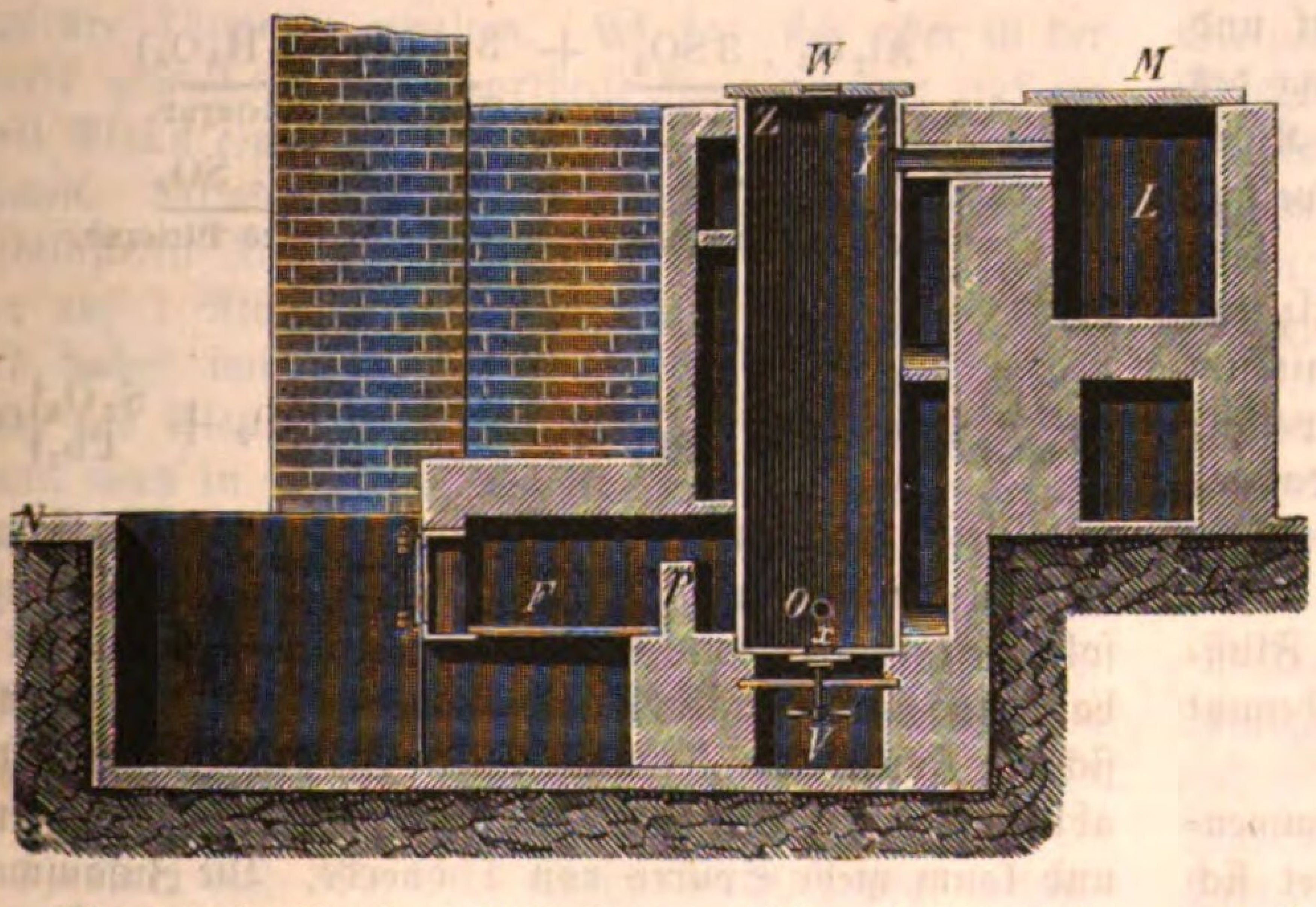
Fig. 94.



lieferten daher stets nur vier gleichzeitig Chlorgas. Dasselbe wurde durch äußerlich mit Wasser abgekühlte Röhren in eine mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Bleiflasche geleitet und durchströmte dann eine große mit Chlorcalcium gefüllte Flasche, ehe es in die Retorte gelangte.

Die Retorte war eine thönerne Gasretorte von ungefähr 300 Liter Inhalt, die man aber durch Abschneiden an einem Ende um 30 bis 40 Centimeter verkürzt hatte. Sie wurde vertical in dem Ofen Fig. 95 angebracht. F ist die Feuerung, die Flamme gelangt über die Feuerbrücke P in einen sich um die Retorte windenden schraubenförmigen Canal und entweicht am oberen Ende der Retorte seitlich in die Esse. Am unteren Ende hatte die Retorte eine quadratische Oeffnung x von 2 Decimeter Seite, die man durch eine mittelst einer Schraube V gehaltene Platte verschließen konnte. Ein die Ofenwand durchdringendes, bei O in die Retorte eintretendes und daselbst mit einem Gemenge von Töpferthon und Kuhhaaren lutirtes Porzellanrohr führte das Chlorgas bis in die Mitte der Schicht thonerdehaltiger Kohle. Dieses Porzellanrohr war zum Schutze gegen die Flamme mit einem Tiegel umgeben, dessen Boden herausgeschlagen war und welchen man außerdem mit einem Gemenge

Fig. 95.



von Thon und Sand gefüllt hatte. Am oberen Ende war die Retorte durch eine Platte von feuerfestem Thon Z geschlossen, welche in der Mitte eine Oeffnung W von 10 bis 12 Centimeter Weite hatte. Durch diese Oeffnung wurde das Gemenge von Thonerde und Kohle in die Retorte geschüttet, in dem Maße als sie aus derselben verschwand. Eine 30 Centimeter unterhalb der Oeffnung Z befindliche Oeffnung Y gestattete den Dämpfen den Ausgang, welche durch ein hier angebrachtes thönernes Rohr in die Verdichtungskammer L gelangten.

Die Kammer L war viereckig, hatte etwa 1 Quadratmeter Grundfläche und 1,2 Meter Höhe. Sie hatte eine mit dem Ofen gemeinschaftliche Wand aus Ziegelsteinen, um sie auf einer ziemlich hohen Temperatur zu erhalten. Alle anderen Wände müssen in sehr geringer Dicke aus Ziegeln aufgemauert sein und ihre Grundfläche muß auf einem Gewölbe ruhen. Der Deckel M ist beweglich und besteht aus einer oder mehreren Fayenceplatten. Das Innere der Kammer wird mit Fayenceplatten ausgekleidet, deren Fugen man mit einem fetten Thonkitt verstreicht. Eine an der einen Seite der Kammer angebrachte Oeffnung, welche 2 bis 3 Quadratcentimeter groß ist, setzt dieselbe mit beweglichen, im Innern mit Blei ausgekleideten Röhren in Verbindung, in denen sich etwas fortgerissenes Chloraluminium ansetzt und die in einen gut ziehenden Schornstein ausmünden. In diesen Röhren waren Schieber angebracht, um die Verbindung mit der Esse mehr oder weniger unterbrechen zu können.

Bevor man den Apparat in Betrieb bringt, müssen seine verschiedenen Theile sorgfältig ausgetrocknet werden, namentlich die Kammer L, in welche man zu diesem Zweck einen Ofen mit glühenden Kohlen setzt. Die Retorte, welche man sehr langsam mit Steinkohlen erhitzt, wird am oberen Ende ganz offen gelassen, bis sie gut trocken ist, worauf man die frisch dargestellte noch glühende Thonerdekohle einfüllt. Man legt dann die Platte Z auf und verstärkt das Feuer, bis die Retorte überall dunkelrothglühend ist. Hierauf läßt man Chlor eintreten, verschließt aber die Oeffnung W nicht eher, und läßt den Dampf nicht eher in die Kammer L gelangen, als bis aus der Oeffnung Z sehr reichliche Dämpfe von Chloraluminium heraustreten. Wenn die Operation gut geht, setzt sich fast alles Chloraluminium als feste dichte Masse an den Deckel M an. Deville erhielt auf diese Weise einmal eine dichte plattenfömige Masse von Chloraluminium, welche fast 50 Kilogr. wog, weniger als 1 Decimeter Dicke hatte und aus dicht zusammen liegenden schwefelgelben Krystallen bestand. Wenn man annehmen kann, daß die Masse in der Retorte bis auf 30 Centimeter Höhe erschöpft ist, öffnet man x, läßt die erschöpfte Masse herausfallen und bringt durch W neue Masse in die Retorte. Das Heruntergehen der Masse in der Retorte erfolgt ganz von selbst. Die Wände der Retorte werden bald angegriffen, wenn man nicht Sorge trägt, die Masse um das Porzellanrohr herum, welches das Chlor zuleitet, oft zu erneuern.

Die Retorte muß an ihrem unteren Ende, da wo sie der Hitze am meisten ausgesetzt ist, mit einer Schicht feuerfester Steine umgeben sein, um sie dadurch zu schützen.

Die Dimensionen des Apparats waren, nach Deville's Angabe, offenbar schlecht berechnet, denn nach der Größe der Retorte, welche 200 Kilogr. Masse faßte, wäre der Chlorentwicklungsapparat bei Weitem zu klein, statt der vier gleichzeitig arbeitenden Flaschen wären dreißig erforderlich gewesen — (oder eine geringere Zahl größerer Apparate) —, um 250 Kilogr. Chloraluminium zu liefern; dann wäre aber die Condensationskammer L zu klein gewesen.

Später bediente man sich statt der Gasretorten solcher Retorten, die zur Destillation des Zinks auf den Zinkhütten dienen. Diese haben aber die Unannehmlichkeit, daß die Chamotte, welche zur Anfertigung dient, mit Zink durchdrungen ist, welches als Chlorzink das Chloraluminium verunreinigt. In der Fabrik zu Nanterne werden gegenwärtig die Retorten von geringeren Dimensionen selbst angefertigt.

Bei gutem Gang der Operation ist die Verdichtung des Chloraluminiums sehr leicht, es entweicht nur etwas Chlorsilicium. Die Retorte läßt sich zwei Monate lang benutzen. In der Wand des Retortenofens kann man leicht verschließbare Oeffnungen anbringen, um zu sehen, ob die Retorte irgendwo einen Riß hat, was sich durch eine blaue, die Gegenwart des Chloraluminiums anzeigende Flamme zu erkennen giebt. Kleinere Risse dichtet man mit mit Wasserglas getränktem Asbest.

Das Chloraluminium bildet kleine krystallinische Blättchen, oder dichte krystallinische Platten, in reinem Zustande ist es farblos, gewöhnlich aber durch Spuren von Eisenchlorid oder Chlorschwefel gelblich gefärbt. An der Luft stößt es stechend riechende Dämpfe aus und absorbirt mit großer Begierde Feuchtigkeit, wobei es zu einer Flüssigkeit zerfließt, die auf 1 Aeq. Chloraluminium 12 Aeq. Wasser enthält. In Wasser, Alkohol und Aether löst es sich leicht unter Wärmeentwicklung. Beim Erwärmen verflüchtigt es sich leicht, ohne vorher zu schmelzen; nur wenn sehr große Massen plötzlich einer hohen Temperatur ausgesetzt werden, tritt Schmelzung und Kochen ein.

Mit Chlornatrium verbindet das Chloraluminium sich zu einem Doppelsalz $Al_2Cl_3, NaCl$. Man erhält es, indem man beide Salze mit einander mischt und gelinde erhitzt, oder indem man bei der Darstellung des Chloraluminiums der Masse von Thonerde und Kohle Kochsalz zusetzt; es verflüchtigt sich dann das Doppelsalz und kann durch Condensation gesammelt werden. Auf die letztere Weise wird gegenwärtig das Doppelsalz zur Aluminiumfabrikation, in welcher es das Chloraluminium vollständig verdrängt hat, dargestellt. Das Doppelsalz unterscheidet sich dadurch vom Chloraluminium, daß es weniger begierig Wasser anzieht, daß es zur Verflüchtigung einer weit höheren Temperatur bedarf als dieses, daß es aber leicht schmelzbar ist und daher als Flußmittel beim Zusammenschmelzen des Aluminiums benutzt werden kann.

Ein ähnliches Doppelsalz entsteht beim Zusammenschmelzen mit Chlorkalium. Außerdem verbindet sich das Chloraluminium mit Ammoniak, Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff, — Verbindungen, die kein technisches Interesse haben.

Fluoraluminium, Al_2F_3, erhält man nach Brunner, indem man Fluorwasserstoffsäure, aus Flußspath und Schwefelsäure entwickelt, in Thonerde leitet, welche in einem Platintiegel erhitzt wird. Die Fluorwasserstoffsäure wird dabei sofort absorbirt und es bleibt Fluoraluminium vom Ansehen der Thonerde zurück. Nach Deville erhält man es, indem man Thonerde mit wäßriger Flußsäure übergießt, eintrocknet und die Masse in einem aus dichter Kohle angefertigten Rohr, welches von außen mit Thon beschlagen ist, zum Weißglühen erhitzt und Wasserstoffgas durch das Rohr leitet. Das Fluoraluminium verflüchtigt sich dabei und setzt sich an den kälteren Theilen des Rohrs in schönen wasserhellen, dem Flußspath ähnlichen Krystallen ab. Es ist unlöslich in Wasser und Säuren, es wird sogar nicht von einer Mischung von Fluorwasserstoffsäure und Salpetersäure gelöst. Die Verbindung des Fluoraluminiums mit Fluornatrium $Al_2F_3, 3NaF$ ist der zur Aluminiumfabrikation angewandte Kryolith.

Schwefelsaure Thonerde, $Al_2O_3 . 3SO_3 = \left.\begin{matrix}S_2O_4\\ al_2\end{matrix}\right\}O_4$. Concentrirter Alaun, Aluminat. Die hydratische Thonerde löst sich leicht in verdünnter Schwefelsäure, schwach geglühte Thonerde wird beim Erhitzen von concentrirter Schwefelsäure aufgenommen. Verdampft man die wäßrige Lösung bis zur Syrupsconsistenz, so scheidet sich beim Erkalten das Salz $Al_2O_3 . 3SO_3 + 18HO$ oder $\left.\begin{matrix}S_2O_4\\ al_2\end{matrix}\right\}O_4 + 12HO$ in nadelförmigen Krystallen ab. Es zeichnet sich dadurch aus, daß es mit schwefelsaurem Kali oder schwefelsaurem Ammoniak wohl krystallisirbare Doppelsalze bildet, welche die bekanntesten Glieder der Alaungruppe sind. Seine technische Bereitung ist der des Alauns ganz analog, sie ist daher mit dieser gemeinschaftlich beschrieben worden. (Vergl. S. 41—123.)

Essigsaure Thonerde, $Al_2O_3 . 3C_4H_3O_3$ oder $\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\ al\end{matrix}\right\}O_2$ bildet sich bei der Zersetzung von schwefelsaurer Thonerde mit essigsaurem Blei nach der Gleichung:

$$\underbrace{Al_2O_3 . 3SO_3}_{\text{Schwefelsaure Thonerde.}} + \underbrace{3(PbO . C_4H_3O_3)}_{\text{Essigsaures Bleioxyd.}}$$
$$= \underbrace{Al_2O_3 . 3C_4H_3O_3}_{\text{Essigsaure Thonerde.}} + \underbrace{3PbO . SO_3}_{\text{Schwefelsaures Bleioxyd.}}$$

oder:

$$\left.\begin{matrix}S_2''O_4\\ al_2\end{matrix}\right\}O_4 + 2\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\ Pb\end{matrix}\right\}O_2 = 2\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\ al\end{matrix}\right\}O_2 + \left.\begin{matrix}S_2''O_4\\ Pb_2\end{matrix}\right\}O_4.$$

Dieses Salz kann nach Untersuchungen von W. Crum nur in verdünnten Lösungen bestehen. Enthält eine solche Flüssigkeit nur 4 Proc. Thonerde, so beginnt sie bald ein weißes unlösliches Salz abzuscheiden, welches sich in Form von Krystallkrusten an den Gefäßwänden ablagert. Die Flüssigkeit enthält dann freie Essigsäure und kaum mehr Spuren von Thonerde. Die Zusammensetzung des abgeschiedenen Salzes entspricht der Formel $Al_2O_3 . 2C_4H_3O_3$. Es ist dies daher entweder ein basisches Salz, oder das darin enthaltene Aluminium

gehört der von Graham entdeckten Modification mit höherem Atomgewicht an, nach welcher das darin enthaltene Aluminium äquivalent mit 1½ Atom Wasserstoff wäre. Dasselbe Salz erhält man in löslicher Form, wenn man die neutrale essigsaure Thonerde in dünnen Schichten auf einer Glasplatte bei einer 38° C. nicht übersteigenden Temperatur zur Trockne verdunstet, wobei es in Form von durchsichtigen, gummiartig glänzenden Blättchen zurückbleibt und sich in Wasser wieder auflöst. Dieses Salz hat dieselbe Zusammensetzung wie die unlösliche Verbindung und wird in diese übergeführt, sobald man es nur um wenige Grade höher erhitzt.

Eine Lösung der essigsauren Thonerde findet technische Verwendung und zwar namentlich in der Kattundruckerei, wo sie vielfach als Beize angewandt wird und vorzugsweise zur Hervorbringung der schönen rothen Krappfarben dient. Hiernach wird sie Rothbeize genannt. Man stellt sie zu dem Gebrauche der Kattundrucker dar, indem man zu einer Lösung von essigsaurem Kalk so viel Alaun fügt, bis kein Niederschlag mehr entsteht, wenn man eine neue Menge des Fällungsmittels zusetzt. Nachdem sich der gebildete schwefelsaure Kalk abgesetzt hat, filtrirt man die Lösung und verdampft sie, bis sie ein specifisches Gewicht von 1,087 bis 1,100 hat. Beim Erkalten setzt sich noch etwas schwefelsaurer Kalk ab, von dem man die nun fertige Beize durch Decantation trennt. Die auf diese Weise bereitete Beize enthält stets eine gewisse Menge Kalksalze, die theils aus aufgelöstem schwefelsaurem Kalk, theils aus nicht rein zersetztem essigsaurem Kalk bestehen, wodurch ihr Werth verringert wird, da diese Salze die Schönheit und den Glanz der Farben verringern und sie daher matt erscheinen lassen.

Durch Zersetzung von Alaun mittelst essigsauren Bleies erhält man eine bessere Beize, denn die Zersetzung der Alaunlösung ist vollständiger, da das schwefelsaure Blei vollkommen unlöslich ist; die Rothbeize ist indessen keine reine essigsaure Thonerde, sondern ein Gemisch von essigsaurer und schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kali, wie aus den zur Darstellung dieser Beize gewöhnlich befolgten Vorschriften hervorgeht. Wenn 1 Aeq. schwefelsaurer Thonerde geradezu durch 3 Aeq. essigsaures Blei zersetzt würde, so würde man eine neutrale essigsaure Thonerde erhalten. Es hat sich aber in der Praxis gezeigt, daß es vortheilhafter sei, nur auf ein Theil Alaun ein Theil oder noch weniger Bleizucker zu nehmen. Nimmt man zur Zersetzung gleiche Gewichte krystallisirten Alaun und krystallisirten Bleizucker, so hat man auf 1 Atom Alaun 2½ Atome Bleizucker, man wird daher immer nur einen Theil der schwefelsauren Salze des Alauns in essigsaure Salze verwandeln. Der Alaun wird in siedendem Wasser gelöst und der gepulverte Bleizucker allmälig unter heftigem Umrühren hinzugefügt. Um ein basisches Salz zu erhalten, fügt man zu der Alaunlösung, vor dem Zusatze des Bleizuckers, zehn Procent vom angewandten Alaun an krystallisirtem kohlensaurem Natron. Die drei folgenden Vorschriften werden die üblichen Verhältnisse zeigen.

1) Man löse 100 Pfd. Alaun in 500 Pfd. kochendem Wasser, füge unter heftigem Umrühren 100 Pfd. fein gemahlenen Bleizucker hinzu und erhalte die Flüssigkeit während des Abkühlens durch Umrühren in Bewegung. Nach dem Absetzen des schwefelsauren Bleies besteht die klare Flüssigkeit aus essigsaurer Thonerde, schwefelsaurem Kali und etwas basisch schwefelsaurer Thonerde.

2) Man löse 100 Pfd. Alaun in 500 Pfd. kochendem Wasser, füge nach und nach 10 Pfd. krystallisirtes kohlensaures Natron hinzu und vermische die Lösung mit 100 Pfd. gepulvertem Bleizucker.

3) Löse 100 Pfd. Alaun und 6 Pfd. krystallisirte Soda in 500 Pfd. kochendem Wasser und setze 50 Pfd. Bleizucker, in feinem Pulver, unter heftigem Umrühren hinzu.

Das nach den Vorschriften 2 und 3 erhaltene Product enthält essigsaure Thonerde, basisch schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Kali und Natron. Das nach Nr. 2 wird bei 68° C. trübe und gelatinirt bei 90° C.; die Trübung verschwindet aber beim Erkalten vollständig wieder. Es scheint aus manchen Versuchen hervorzugehen, daß die Wirksamkeit der Rothbeize nicht allein von ihrem Gehalt an essigsaurer Thonerde abhängt, da ein Theil des Alauns in basisch schwefelsaure Thonerde verwandelt wird, welche dann neben der essigsauren Thonerde in der Beize zugegen ist. Wenn man die Zeugstoffe mit Rothbeize tränkt und trocknet, so verbindet sich ein Theil der basisch essigsauren Thonerde und der schwefelsauren Thonerde mit der Faser des Gewebes, beim späteren Erhitzen verflüchtigt sich die Essigsäure, wodurch die basische Thonerdeverbindung auf dem Zeuge befestigt wird.

Es hat sich ferner gezeigt, daß sowohl die Wirkung der Beize auf das Gewebe, als auch die Schönheit der auf dem Zeuge gebildeten Farben dieselbe ist, wenn man zur Zersetzung von 100 Pfd. Alaun 125 oder nur 75 Pfd. Bleizucker anwendet; da die Wirkung der Rothbeize darin besteht, daß die essigsaure Thonerde ihre Basis an das Zeug abgiebt. Dieses geschieht aber eben so gut, wenn die Lösung aus einem Gemisch von basisch schwefelsaurer und essigsaurer Thonerde besteht, als wenn sie nur neutrale essigsaure Thonerde enthält.

Runge hat einige Versuche angestellt, deren Resultat von dem eben Angeführten wesentlich abweicht; er behauptet, daß man stets auf 100 Th. Alaun 120 Th. Bleizucker nehmen müsse und daß selbst die Quantität Wasser einen bedeutenden Einfluß habe. Er brachte ein gleiches Gewicht Baumwollengewebe in jede der Lösungen, die nach folgenden Proportionen dargestellt waren:

1) 100 Pfd. Alaun,
75 „ Bleizucker und
280 „ Wasser werden gemischt und die Lösung filtrirt.

2) 100 Pfd. Alaun werden in
448 „ Wasser gelöst und
120 „ essigsaures Blei in feinem Pulver hinzugefügt.

Die Gewebe blieben eine gleiche Zeit lang in diesen Lösungen, wurden bei derselben Temperatur getrocknet, und mit derselben Menge heißen Wassers gewaschen, die Waschwasser des Zeuges, welches mit der ersten Lösung gebeizt war, enthielten viel Thonerde, während er in denen des anderen Zeuges nur geringe Spuren davon nachweisen konnte. Der gewöhnliche Zusatz von kohlensaurem Natron wirkt namentlich vortheilhaft, wenn nur

wenig Bleizucker angewandt wird, da dieses Salz einen Theil der Schwefelsäure des Alauns abstumpft und ein basisches schwefelsaures Salz bildet.

Es scheint indessen aus praktischen Beobachtungen hervorzugehen, daß ein Thonerdesalz, welches sowohl Schwefelsäure, wie Essigsäure enthält, die besten Resultate liefert. Calvert führt an, daß eine Beize von der Zusammensetzung:

$$Al_2O_3 \begin{cases} SO_3 \\ 2\,C_4H_3O_3 \end{cases}$$

am geeignetsten zum Befestigen der Farben sei, da sie einen weit größeren Gehalt an Thonerde habe, als solche, die außer den Thonerdesalzen noch die Salze der Alkalien enthalten, welche in der Anwendung, für welche die Rothbeize bestimmt ist, ohne Vortheil sind. Er stellt diese Verbindung dar, indem er folgende Quantitäten mischt:

453 Pfd. Ammoniakalaun,
379 „ Bleizucker und
1132 „ Wasser.

Oder:

383 Pfd. schwefelsaure Thonerde,
379 „ Bleizucker und
1132 „ Wasser.

Oder:

453 Pfd. Alaun und
158 „ essigsaurer Kalk in Wasser gelöst.

Oder:

333 Pfd. schwefelsaure Thonerde mit derselben Quantität essigsaurer Kalklösung.

Beim Vermischen der obigen Substanzen findet die Zersetzung Statt; schwefelsaures Blei oder Kalk fällt als Niederschlag zu Boden und die Lösung enthält eine Verbindung von Thonerde mit Essigsäure, in der das dritte Aequivalent Essigsäure durch Schwefelsäure vertreten ist, und schwefelsaures Ammoniak aus dem Ammoniakalaun. Manche Fabrikanten wenden zur Darstellung der Beize statt Alaun schwefelsaure Thonerde an, welches weit vortheilhafter ist, da eine Beize, die mit diesem Salze dargestellt ist, weit mehr Thonerde enthält, als eine gewöhnliche Rothbeize von demselben specifischen Gewichte, wie aus folgenden Analysen hervorgeht, die mit Beizen angestellt wurden, die sämmtlich ein spec. Gew. von 1,085 hatten.

Eine Gallone (75,950 Gran) jeder Beize enthielt:

	Formel: $Al_2O_3, SO_3, 2\,C_4H_3O_3 + NH_4O, SO_3$.		Formel: Al_2O_3, SO_3, $C_4H_3O_3 + NH_4O$, SO_3.	Formel: Al_2O_3, SO_3, $2\,C_4H_3O_3$.
	Beize A.	Beize B.	Beize C.	Beize D.
	Grane.	Grane.	Grane.	Grane.
Thonerde	1680,0	1830,0	1239,0	2164,4
Essigsäure	3369,8	3570,0	1281,7	3679,2
Schwefelsäure ..	2642,5	2800,0	3017,0	1664,6
Ammoniumoxyd	674,1	910,0	653,1	

Kieselsaure Thonerde. Verbindungen der Kieselsäure mit der Thonerde kommen in großen Massen in der Natur vor, sie bilden im wasserhaltigen Zustande die Substanzen, welche man mit dem allgemeinen Namen Thon bezeichnet. Die wasserfreien Thonerdesilicate haben nur ein beschränktes Vorkommen und bieten in chemisch technischer Beziehung kaum Interesse. Die wasserhaltige kieselsaure Thonerde ist keine eigentliche Mineralspecies, sie kommt in der Natur nicht ursprünglich gebildet vor, sondern sie ist ein Zersetzungsproduct von einer Doppelverbindung von kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurem Alkali. Diese Doppelverbindungen, in denen auf der einen Seite kieselsaure Thonerde, auf der anderen Seite kieselsaure Alkalien oder Erden stehen, bilden die wichtigsten Gesteinsmassen der Erdrinde, es gehören dahin der Feldspath, der Glimmer ꝛc.

Da man schon im gewöhnlichen Leben mit dem Namen Thon sehr verschiedenartige Substanzen bezeichnet, vom reinsten Porzellanthon bis zum Töpferthon und Lehm, so müssen wir, um die Bildung des Thons aus den Gesteinen erklären zu können, zuerst den chemischen Begriff „Thon" feststellen. Als die Thonsubstanz müssen wir ein Thonerdesilicat von der Formel $Al_2O_3 \,.\, SiO_3 + 2\,HO$ annehmen; wir werden später nachweisen, daß diese Verbindung sich in allen Thonen und im Kaolin in höchster Reinheit findet. Die Thonsubstanz ist, wie erwähnt, vorzugsweise aus dem Feldspath entstanden; wenn auch, zum Theil wenigstens, Porzellanspath ebenfalls zur Bildung thoniger Massen beiträgt, so kommt dies jedoch hier nicht in Betracht, da ganz ähnliche Zersetzungen wie bei der des Feldspaths dabei stattfinden.

Der Feldspath ist ein Doppelsilicat von der Formel $Al_2O_3 \,.\, 3\,SiO_3 + KO \,.\, SiO_3$, worin ein geringer Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, das Kali theilweise oder ganz durch Natron vertreten sein kann. Denkt man sich darin statt der Kieselsäure Schwefelsäure, so hat man die Zusammensetzung der Alaune. Die Zersetzung des Feldspaths erklärt sich am leichtesten, wenn man 3 Aeq. desselben in Rechnung zieht, wenn man also von der Formel

$$3\,Al_2O_3 \,.\, 9\,SiO_3 + 3\,KO \,.\, 3\,SiO_3$$

ausgeht, deren Elemente man sich auch folgendermaßen gruppirt denken kann:

$$3\,Al_2O_3 + 3\,KO + 12\,SiO_3.$$

Um in Thonsubstanz überzugehen, muß eine Spaltung dieser Verbindung stattgehabt haben, es muß ein basisches Thonerdesilicat und ein saures Kalisilicat entstanden sein nach der Formel:

$$3\,Al_2O_3 \,.\, 3\,SiO_3 + 3\,KO \,.\, 9\,SiO_3.$$

Theilen wir die erste Gruppe der Formel durch 3, so haben wir die reine Thonsubstanz im wasserfreien Zustande. Die zweite Gruppe der Formel ist ein Kalisilicat, welches in diesem Zustande in Wasser unlöslich ist, welches also, wenn keine weitere Zersetzung stattfände, der Thonsubstanz beigemengt bleiben würde. Wird davon aber durch eine weiter gehende Zersetzung 1 Aeq. Kieselsäure abgegeben, so bleibt ein Kalisilicat von der Formel:

$$3\,KO \,.\, 8\,SiO_3$$

zurück und dieses ist leicht löslich, wird also durch Wasser fortgeführt, während das Thonerdesilicat nur noch 2 Aeq. Wasser aufzunehmen braucht, um sich in die Thonsubstanz zu verwandeln. Daß eine solche Spaltung des Kalisilicats stattfindet, ist durch mehrfache Erscheinungen sehr wahrscheinlich gemacht. Es kommen in der Natur nämlich Kaoline vor, deren Zusammensetzung der Formel:

$$3\,Al_2O_3\,.\,4\,SiO_3$$

entspricht, worin also das aus dem Kalisilicat abgeschiedene Aequivalent Kieselsäure noch enthalten ist, während es aus anderen schon hinweggeführt ist. Dieses vierte Aequivalent Kieselsäure ist darin aber nicht in chemischer Verbindung enthalten, sondern höchst wahrscheinlich nur beigemengt, denn es läßt sich durch Behandlung mit Kalilösung fast momentan lösen, während die eigentliche Thonsubstanz nicht davon angegriffen wird.

Die Erklärung der Zersetzung des Feldspaths wurde zuerst von Forchhammer aufgestellt, er nahm jedoch für die Thonsubstanz eine etwas abweichende Formel:

$$3\,Al_2O_3\,.\,4\,SiO_3 + 6\,HO$$

an. Durch die Untersuchungen von Brogniart und Malaguti wurde aber die einfachere Formel:

$$3\,Al_2O_3\,.\,3\,SiO_3 + 6\,HO$$

oder:

$$Al_2O_3\,.\,SiO_3 + 2\,HO$$

[illegible]gestellt, indem sie die Bedeutung des vierten Aequivalents Kieselsäure nachwiesen.

Wie bei der Aufstellung einer jeden Theorie, deren Richtigkeit man nicht direct beweisen kann, der Hypothese ziemlich freier Raum gelassen werden muß, so ist es auch hier geschehen. Die Bildung des Thons wird dadurch aber so einfach und verständlich, wie man sie durch keine andere Erklärung geben könnte. Es bleibt directen Versuchen vorbehalten, ihre Richtigkeit nachzuweisen oder Besseres dafür an die Stelle zu setzen. Es fragt sich dabei hauptsächlich, durch welche Kräfte werden die verschiedenen Spaltungen herbeigeführt, wie geht es zu, daß zuerst aus der neutralen Doppelverbindung ein basisches Thonerdesilicat und ein saures unlösliches Kalisilicat entsteht. Brogniart glaubt dies durch Einwirkung elektrischer Strömungen erklären zu können. Außerdem ist es fraglich, ob ein unlösliches Kalisilicat durch Einwirkung von Wasser einfach in sich abscheidende Kieselsäure und ein lösliches Silicat verwandelt wird. Mehr Wahrscheinlichkeit scheint eine Vereinigung der Theorie von Forchhammer und Brogniart zu haben, indem man annimmt, 3 Aeq. Feldspath wurden durch Einwirkung von Wasser in der Weise zersetzt, daß 3 Aeq. Thonerde mit 3 Aeq. Kieselsäure chemisch verbunden, 1 Aeq. Kieselsäure im freien Zustande, und endlich 3 Aeq. Kali mit 8 Aeq. Kieselsäure verbunden abgeschieden werden, wobei man also die erste Spaltung Brogniart's beseitigt.

Bei der Aufstellung dieser Theorie ist ein Factor außer Acht gelassen, der jedoch stets bei der Verwitterung der Gesteinsmassen einen sehr wesentlichen Einfluß ausübt. Es ist die Kohlensäure der Luft, die in jedem Wasser gelöst und anerkanntermaßen im Stande ist, langsam eine große Zahl der am schwersten zersetzbaren Silicate aufzuschließen. Denkt man sich die Spaltung der Feldspathe durch gleichzeitige Einwirkung von Wasser und Kohlensäure bewirkt, so würde man außer dem löslichen kieselsauren Kali eine Abscheidung von mehr freier Kieselsäure und eine Auslaugung von kohlensaurem Kali annehmen müssen. 6 Aeq. Feldspath enthalten:

$$6\,Al_2O_3 + 24\,SiO_3 + 6\,KO.$$

Diese würden bei der Verwitterung liefern:

$$\begin{array}{l} 6\,Al_2O_3\,.\,6\,SiO_3 \\ \quad\quad 8\,SiO_3\,.\,3\,KO \\ \quad\quad\quad\quad 3\,KO\,.\,3\,CO_2 \\ \quad\quad 10\,SiO_3 \\ \hline 6\,Al_2O_3 + 24\,SiO_3 + 6\,KO. \end{array}$$

Nur in verhältnißmäßig seltenen Fällen ist der Thon an den Orten, auf den Lagerstätten des Feldspaths, aus welchem er entstand, geblieben. Da, wo dieses geschehen ist, bildet er die reinsten Varietäten und wird mit dem Namen Kaolin bezeichnet. Bei Weitem häufiger ist der Thon von Wasserfluthen fortgeschwemmt und an anderen Orten wieder abgelagert. Je nach der Beschaffenheit der Gebirgsmassen, über welche dieses mit Thon beladene Wasser seinen Strom nahm, je nachdem andere Wasser sich mit diesem vereinten, ist der abgelagerte Thon verhältnißmäßig rein oder mit anderen Substanzen vermischt, wodurch seine Eigenschaften nicht unwesentlich modificirt werden, so daß man ganz allmälige Uebergänge von der reinen Thonsubstanz bis zu thonhaltigen Körpern hat, in denen der Thon einen verschwindend kleinen Theil ausmacht. Diese Uebergänge hat man häufig Gelegenheit zu beobachten, indem wenige Fuß unter der Oberfläche der Erde ein starkes Thonlager ruht; dieses wird manchmal von Lehm gedeckt, über diesem liegt ein schwerer Thonboden und auf diesem ruht eine thonige, sehr fruchtbare Ackerkrume.

So verschiedenartig die Thonarten auch werden können, so sind ihnen doch gewisse Eigenschaften gemeinsam, deren Zusammentreffen eben die Bezeichnung Thon bedingt. An der Luft trocknen sie zu einer weißen oder grauen, manchmal durch Beimischungen gefärbten Masse ein, die sich zwischen den Fingern zu einem weichen Pulver zerreiben läßt und die beim Reiben und namentlich beim Anhauchen einen eigenthümlichen Geruch giebt. Im trocknen Zustande saugt der Thon begierig Wasser ein und haftet in Folge dessen an der Zunge. Beim Anfeuchten mit Wasser bildet er einen knetbaren Teig, er wird plastisch. Läßt man ihn dann wieder eintrocknen und erhitzt ihn gelinde, so erhärtet er. In vielem Wasser vertheilt, trübt er die Flüssigkeit und bleibt lange darin suspendirt, während die ihm beigemischten fremden Körper wegen ihrer größeren Dichte rasch darin zu Boden sinken.

Alle Thone enthalten Thonerde, Kieselsäure, Wasser. Keiner dieser Bestandtheile, auch nicht die Verbindungen von zwei der Bestandtheile unter einander, haben plastische Eigenschaften. Die Plasticität des Thons geht sogar verloren, wenn man ihn auf 200 bis 300° erhitzt und ihm dadurch den größten Theil des chemisch ge-

bundenen Wassers entzieht; durch Befeuchten mit Wasser ist dann die plastische Eigenschaft nicht wieder herzustellen.

Die plastischen Eigenschaften eines Thons sind um so höher, je weniger fremde Beimischungen er enthält und je reicher er an reiner Thonsubstanz ist.

Beim Erhitzen auf 100° giebt der Thon noch nicht sein chemisch gebundenes Wasser ab, dieses entweicht erst vollständig bei 300°. Beim stärkern Erhitzen verändern sich seine Eigenschaften vollständig, er wird hart und fest. Nachdem er sehr hoher Temperatur ausgesetzt gewesen ist, wird er vom Stahl nicht mehr geritzt, giebt beim Anschlagen Funken und zerbricht nur schwierig. Zugleich verringert er sein Volum bedeutend, unter Umständen bis zu 20 Proc., seine kleinsten Theilchen nähern sich und gehen unter sich wahrscheinlich andere chemische Verbindungen ein. Die Volumveränderung des Thons nennt man das Schwinden, es ist dies eine Eigenschaft, die bei den Anwendungen des Thons mannigfache Schwierigkeiten veranlaßt.

Die reine Thonsubstanz ist in jedem Ofenfeuer unschmelzbar und verändert darin ihre Farbe nicht. Die verschiedenen Thonsorten zeigen darin ein sehr abweichendes Verhalten, bedingt durch die einzelnen Beimischungen. Man kann dabei als allgemeine Regel aufstellen, daß ein Thon völlig unschmelzbar, feuerfest, sei, wenn darin keine Basen enthalten sind, welche sich mit der Kieselsäure verbinden könnten, wenn also die Beimischungen im Wesentlichen aus Quarzsand oder unschmelzbaren Silicaten bestehen, oder wenn solche schmelzbare Silicate nur in so geringen Mengen vorhanden sind, daß sie zwar im Stande sind, in der Ofenhitze die poröse Masse des Thons zu durchdringen, aber nicht eine vollständige Zersetzung der Thonsubstanz herbeizuführen. In reinem Kaolin haben wir z. B. einen vollständig unschmelzbaren Thon; wird diesem eine geringe Menge von Feldspath zugesetzt, so schmilzt dieser und giebt nach dem Erkalten dem Product einen eigenthümlich muschligen Bruch, große Festigkeit, Härte und Durchscheinheit. Bei einem größeren Gehalt an Feldspath würde der Kaolin selbst zum Schmelzen zu bringen sein.

Sind durch zufällige Beimengungen basische Körper in den Thon gekommen, wie Kalk, Kali, Natron, Eisenoxyd, so führen diese je nach ihrer Menge bei höherer oder niederer Temperatur Schmelzung des Thons herbei. Ein Gehalt an Eisenoxyd hat außerdem die Eigenschaft, bei geringer Erhitzung dem Thone eine rothe Farbe zu geben.

Bei den höchsten künstlich hervorzubringenden Wärmegraden, wie in der Flamme des Knallgasgebläses, schmelzen sämmtliche Thonsorten zu einer glasigen Masse. Da solche Hitzegrade aber nur in wenig Fällen hervorgebracht werden, so kann man sie in der Praxis ganz übersehen und bezeichnet die Thone als feuerfest, welche der Hitze des Porzellanofens oder des Eisenhohofens widerstehen, ohne zu erweichen.

Die fremden Beimischungen in den Thonen haben entweder denselben hohen Grad der mechanischen Vertheilung, oder sie kommen in bedeutend gröberen und dichteren Massen in denselben vor. Der letztere Fall ist der häufigere, und man kann in Folge dessen aus den meisten Thonen durch Schlämmen verschiedene Substanzen abscheiden. Es sind dies namentlich:

Quarzkörner, kenntlich an ihrem unregelmäßigen Bruch, ihrer großen Härte, ihrer Farbe, ihrer Durchsichtigkeit.

Feldspathbruchstücke, von verschiedenen Farben, undurchsichtig, weniger hart wie der Quarz.

Glimmerblättchen, meistens grün oder schwarz, dünne Lamellen, die oft lange im Wasser suspendirt bleiben, schön glänzend und das Licht brechend.

Schwefelkies, graugelbe bis messinggelbe Stückchen, metallglänzend.

Die fremden Körper, welche im Thon in so hohem Grade der Vertheilung vorkommen, daß man sie durch Schlämmen nicht trennen kann, sind vorzugsweise kohlensaurer Kalk, Eisenoxyd, Alkalien und bituminöse Substanzen.

Kohlensauren Kalk erkennt man an dem Aufbrausen bei Uebergießen mit Säuren. Ein geringer Gehalt an kohlensaurem Kalk schadet der Plasticität des Thons nicht. Kalkreiche Thone nennt man Mergel. So lange ihr Kalkgehalt 10 bis 12 Proc. nicht übersteigt, lassen sie sich gut verarbeiten und nehmen nach dem Brennen große Härte an. Die Thonmergel werden vielfach zur Fabrikation des gewöhnlichen Töpfergeschirrs gebraucht. Bei höherem Kalkgehalt geht der Thon in den Kalkmergel über, der mehr und mehr seine Plasticität verliert und wenig Verwendung mehr finden kann.

Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat kommt in den meisten Thonen vor, im ersteren Falle haben sie eine rothe, im letzteren Falle eine gelbe ockerige Farbe, die aber nach dem Brennen ebenfalls roth wird. Man erkennt es also schon an der Farbe des rothen Thons, oder beim Erhitzen einer kleinen Probe im gewöhnlichen Ofenfeuer. Ganz eisenfreie Thone, die nach dem Erhitzen völlig weiß bleiben, kommen nur an wenig Orten vor.

Das Eisenoxyd verringert eben so wenig die plastischen Eigenschaften des Thons, wie der kohlensaure Kalk; beide erhöhen aber, sobald sie in irgendwie größeren Mengen darin vorkommen, seine Schmelzbarkeit sehr bedeutend.

Alkalien finden sich wohl ohne Ausnahme in allen Thonarten, es variirt ihre Menge von 0,3 bis 3 Proc. Man erkennt ihre Anwesenheit nicht an dem äußeren Ansehen oder durch einfache Prüfung, wie beim Eisenoxyd oder kohlensauren Kalk; nachweisen kann man sie nur durch eine genaue chemische Untersuchung.

Bituminöse Substanzen ertheilen dem Thon häufig eine graue, blaue oder sogar schwarze Farbe, man erkennt sie außerdem an dem eigenthümlichen Geruch, welchen man beim Zerreiben oder beim Erwärmen des Thons bemerkt. Ihre Gegenwart ist nicht schädlich, da sie schon bei verhältnißmäßig niedriger Temperatur verbrennen und dann entweder die weiße Farbe des reinen oder die rothe des eisenhaltigen Thons zum Vorschein kommen lassen. Bei einem sehr hohen Gehalt von Bitumen und bei Anwendung geringer Hitze beim Brennen kann man aus solchen Thonen schwarze Geschirre von angenehmer Farbe darstellen.

Nach ihren Eigenschaften und technischen Anwendungen kann man die Thone in zwei große Classen zerlegen: in unschmelzbare, feuerfeste und schmelzbare; zu der ersten Classe gehört:

Der Kaolin, reinste Varietät des Thons, noch auf der Lagerstelle des Feldspaths befindlich.

Der Pfeifenthon, von seiner Lagerstelle fortgeschwemmt, enthält meist Spuren von Eisenoxyd.

Von den schmelzbaren Thonen unterscheidet man:

Töpferthon, erträgt noch ziemlich starke Hitze, erweicht aber im Porzellanofen, enthält Eisenoxyd und Kalk in verschiedenen Verhältnissen.

Thonmergel, reich an Kalk, leicht schmelzbar.

Lehm, durch vielerlei Beimischungen, namentlich Sand 2c., verunreinigt.

Röthel, Bolus, Ocker mit überwiegendem Gehalt an Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat, von geringer Anwendbarkeit.

Die folgende Tabelle wird eine Uebersicht der Zusammensetzung vieler verschiedener bei 100° getrockneter Thone, mit Ausnahme der Kaoline, geben:

Fundort.	Wasser.	Kieselsäure.	Thonerde.	Eisenoxyd.	Kalk.	Magnesia.
1) Abondant bei Dreux (Dép. Eure et Loire)	13,10	50,60	35,20	0,40	—	—
2) Arcueil (Dép. Seine)	11,01	62,14	22,00	3,09	1,68	Spur
3) Belin (Dép. Ardennes)	8,64	63,57	27,45	0,15	0,55	Spur
4) Chassières (Dép. Allier)	16,40	49,20	34,00	—	—	—
5) Etrépigny (Dép. Jura)	9,96	70,00	18,50	0,50	0,75	Spur
6) Forges (Dép. Seine inférieure)	11,00	65,00	24,00	Spur	—	—
7) Gaujac (Dép. Landes)	14,50	46,50	38,10	—	Spur	—
8) Hayange (Dép. Moselle)	7,50	66,10	19,80	6,30	—	—
9) Klingenberg (Dép. Vosges)	16,00	48,32	32,48	1,52	1,64	Spur
10) Labouchade bei Montluçon (Dép. Allier)	12,00	55,40	26,40	4,20	—	—
11) Leyval (Dép. Charente inférieure)	12,60	52,00	31,60	4,40	—	—
12) Livernon (Dép. Lot)	18,00	49,00	24,00	6,26	2,00	—
13) Malaise (Dép. Haut Vienne)	15,00	52,55	26,50	0,55	3,00	1,50
14) Montereau (Dép. Yonne)	10,00	64,40	24,60	Spur	—	—
15) Provins (Dép. Seine et Oise)	—	57,00	37,00	4,00	1,70	—
16) Retourneloup (Dép. Seine et Marne)	16,96	42,00	38,96	0,85	1,04	0,17
17) Salavas (Dép. Ardèche)	11,05	58,76	25,10	2,50	Spur	2,51
18) Saveignies (Dép. Oise)	—	65,00	31,00	1,00	Spur	2,00
19) Straßburg (Dép. Bas-Rhin)	12,00	66,70	18,20	1,60	—	0,60
20) Vaugirard (Dép. Seine)	14,58	51,84	26,10	4,91	2,25	0,23
21) Insel Bornholm, Schweden	5,92	72,50	19,50	1,00	0,18	0,50
22) Helsingborg, Schweden	9,00	60,70	20,45	7,93	0,55	0,47
23) Gloukoff, Rußland	16,50	46,35	37,00	—	—	0,15
24) Devon, England	11,20	49,60	37,40	—	—	—
25) Longport, England	10,60	54,50	16,50	13,50	3,37	—
26) Stourbridge, England	17,34	45,25	28,77	7,72	0,47	—
27) Ardennes, Belgien	19,00	52,00	27,00	2,00	—	—
28) Antragues, Belgien	9,00	71,00	19,00	—	—	—
29) Lautersheim, Rheinprovinz	13,56	49,00	33,09	2,10	2,00	0,20
30) Valendar, Rheinprovinz	6,75	65,27	24,19	1,00	—	2,02
31) Großallmerode, Hessen	14,00	47,50	34,37	1,24	0,50	1,00
32) Meißen, Sachsen	11,70	61,52	20,92	0,50	0,02	4,97
33) Theuberg, Böhmen	10,00	58,39	27,94	Spur	2,74	1,00
34) Gottweith bei Krems, Oesterreich	10,00	65,60	20,75	2,00	1,65	Spur

Eigenschaften und Anwendung der vorstehenden Thone:

1) Weiß, plastisch, feuerfest. Zur Fayencefabrikation, Porzellankapseln, Stahlschmelztiegeln.

2) Schwärzlich, plastisch. Zu Töpfergeschirr.

3) Grau, plastisch, unschmelzbar, aber in der stärksten Gluth der Porzellanöfen etwas sinternd. Zu Fayence.

4) Weiß, plastisch, unschmelzbar.

5) Grünlich, fett, mit Quarzkörnern vermischt, unschmelzbar. Zur Fayence.

6) Grau, plastisch. Sehr geschätzt zur Darstellung von Glashäfen, zu feiner und ordinärer Fayence.

7) Weiß, plastisch. Angewandt zu Porzellankapseln.

8) Sandig, gelblich. Zu feuerfesten Steinen.

9) Grau, plastisch. Zu Glashäfen und Gießtiegeln für Glashütten.

10) Gelblich weiß, hart. Zu Glashäfen.

11) Weiß, roth marmorirt. Zu Glashäfen.

12) Roth. Zur Nachahmung des rothen, etruskischen Töpfergeschirrs.

13) Plastisch, roth geadert, unschmelzbar im stärksten Feuer. Zu Porzellankapseln.

14) Hellgrau, plastisch. Sehr geschätzt zur Nachahmung des englischen Steinguts.

15) Weißlich, plastisch. Zu feuerfesten Steinen und zu Porzellankapseln in der Fabrik zu Sèvres.

16) Grau, plastisch, mit rothen Adern, unschmelzbar. Anwendung wie Nr. 15.

17) Röthlich, plastisch, mit Glimmerblättchen, unschmelzbar, wird im Porzellanofen grau. Zu Gußstahltiegeln.

18) Schwärzlich, plastisch. Zur Anfertigung von ordinärer Fayence und Töpfergeschirr.

19) Grau, plastisch. Zu Thonpfeifen.

20) Schwärzlich, plastisch, geadert. Zu gewöhnlichem Töpfergeschirr.

21) Grau plastisch. Zu Porzellankapseln.

22) Graulich, plastisch. Zu Steingut.

23) Weiß, plastisch. Zur Porzellanmasse in Petersburg.

24) Grau, plastisch. Zu englischem Steingut.

25) Violett, plastisch. Zu Ziegeln.

26) Schwarz, wenig plastisch, unschmelzbar. Zu Gußstahltiegeln und feuerfesten Steinen.

27) Weiß, plastisch. Zu Fayence, zu Glashäfen, Tiegeln ꝛc.

28) Grau, plastisch. Sehr gesucht zur Darstellung von Glashäfen, Gasretorten, feuerfesten Steinen, Fayence.

29) Weißlich, plastisch. Zu feinem Töpfergeschirr.

30) Graulich, plastisch. Zu Töpfergeschirr, Coblenzer Geschirr.

31) Plastisch, grau. Bekannt durch seine Anwendung zur Darstellung von Schmelztiegeln.

32) Schwärzlich, quarzführend. Zu Porzellankapseln in Meißen.

33) Grau, plastisch, fühlt sich sanft an. Zu Porzellankapseln.

34) Schmutzig hellgrün mit rothen Flecken. Zu Porzellankapseln.

Zusammensetzung der besten Sorten feuerfester Thone aus England und Schottland:

	Kieselsäure.	Thonerde.	Kali.	Kalk.	Magnesia.	Eisenoxydul.	Wasser.	Hygroskopisches Wasser.	Organische Substanz.
1)	65,10	22,22	0,18	0,14	0,18	1,92	7,10	2,18	0,58
2)	51,80	30,40	—	—	0,50	4,14	—	13,11	—
3)	48,04	34,47	1,94	0,66	0,45	3,05	11,15	—	—
4)	55,50	27,75	2,19	0,67	0,75	2,01	10,53	0,44	—
5)	52,06	29,38	2,29	0,43	0,02	2,37	10,27	2,56	—
6)	48,99	32,11	3,31	0,43	0,22	2,34	9,63	2,33	—
7)	67,12	21,18	2,02	0,32	0,84	1,85	4,82	1,39	0,90
8)	66,16	22,54	—	1,42	Spur	5,31	3,14	—	—
9)	46,32	39,74	—	0,36	0,44	0,27	12,67	12,08	—

1) Stourbridge beste Sorte nach C. Tookey.

2) Brierley Hill, Staffordshire nach G. H. Henry beste Qualität.

3) Stannington bei Sheffield nach Hambly zu Gußstahltiegeln.

4) Newcastle on Tyne nach H. Taylor.

5) Teignmouth, Devonshire nach Weston, Zusatz zu den cornischen Tiegeln.

6) Poole, Dorsetshire nach Weston, Zusatz zu den cornischen Tiegeln.

7) Dowlais, beste Sorte nach J. Riley.

8) Glasgow, beste Sorte nach J. Brown.

9) Chinathon, Kaolinit aus Cornwall nach R. A. Couper.

Kaolin. Die Thonarten bieten so mannigfache Varietäten mit so allmäligen Uebergängen, daß es kaum möglich ist, eine genauere Beschreibung als in größen Umrissen davon zu geben. Die einzige wirklich genau zu charakterisirende Varietät ist der Kaolin.

Der Kaolin unterscheidet sich schon dadurch von den übrigen Thonen, daß er nicht wie diese in größeren Schichten, als Ausfüllung von Mulden u. s. w., sondern stets in kleineren Massen, gewissermaßen nesterförmig im primitiven Gestein, vorzugsweise im granitischen und porphyrischen, vorkommt.

Man unterscheidet drei Arten, thonigen, sandigen und körnigen Kaolin.

Der thonige Kaolin tritt in weichen, im feuchten Zustande schmierigen Massen auf, ist sehr weiß, geschmeidig, plastisch.

Der sandige Kaolin hinterläßt beim Schlämmen mehr oder weniger feine Quarz- und Feldspathkörner.

Der körnige Kaolin besteht aus einer weißen, bröckligen, nicht plastischen Masse, es ist ihm noch viel unzersetztes Gestein beigemengt, von welchem sich der reine oder thonige Kaolin durch Schlämmen sondern läßt.

Den Kaolin findet man nur in Gesteinen, von denen der Feldspath einen Bestandtheil ausmacht, und von den Feldspathen ist auch nur der Kalifeldspath oder der Orthoklas sehr zur Kaolinisirung geneigt. Die schönsten Kaolinbildungen kommen in sogenannten Halbgraniten vor, in welchen der Glimmer fast ganz zurücktritt und die nur aus Quarz und Feldspath bestehen. Es gehört dahin namentlich die Varietät des Granits, welche man Pegmatit genannt hat. Diese Formation tritt besonders schön bei Saint-Yrieix *) bei Limoges (Dep. Haute-Vienne) auf, außerdem zu Saint-Stephens in Cornwall, in den Pyrenäen. Im Granit findet er sich bei Aue bei Schneeberg in Sachsen, Carlsbad in Böhmen, Saint-Austell in Cornwall. Als Zersetzungsproduct des Porphyrs zu Seilitz bei Meißen, Sornzig bei Mügeln und Rasephas bei Altenburg, zu Morl und Salzmünde bei Halle. Im Eurit zu Tretto bei Schio. Im Diorit zu Saint-Yrieix.

Wenn man den Kalifeldspath auch als ein neutrales Doppelsilicat von Kali und Thonerde bezeichnen kann, so kommen doch stets darin geringe Mengen anderer Körper vor, die theils bei der Zersetzung im Kaolin zurückbleiben, theils mit fortgeschwemmt werden. Ebenso verhalten sich die übrigen Gemengtheile der Gebirgsmassen, in denen sich der Kaolin gebildet hat. Man muß daher im Kaolin drei verschiedene Gemengtheile unterscheiden. Ein Theil derselben ist durch verdünnte Säuren ausziehbar, es ist dies ein Rest von Kalk, Magnesia, Spuren von Eisenoxyd und Alkalien. Ein anderer Theil, der eigentliche Kaolinthon und die freie, bei der Zersetzung abgeschiedene Kieselsäure, läßt sich durch abwechselnde Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure und verdünnter Natronlösung entfernen. Diesen Behandlungen widersteht ein Rest von unzer-

*) Es finden sich mehrere verschiedene Schreibweisen dieses Namens, so Saint Yrieix, Saint Yrieux, Sainte Yriez-la-Perche.

setztem Gestein, also Feldspath, Quarz u. s. w. Berücksichtigt man dieses, so wird der Zusammenhang zwischen Feldspath und Kaolin aus den Analysen verständlicher. Wir lassen hier zunächst einige Analysen von Feldspathen, die zur Kaolinisirung geneigt sind, folgen:

	Newcastle (Delaware).	Sargadelos (Galizien).	Halle.	Quabenstein.	Oporto.	Diroxplace (Wilmington).	Calabrien.	Serdobole.
Kieselsäure	62,20	62,00	62,76	61,37	62,06	58,70	65,87	64,03
Thonerde	19,78	19,48	19,20	20,37	19,61	23,95	20,60	18,47
Kali	15,14	15,72	14,90	15,75	16,07	12,64	Spur	15,24
Natron	—	—	—	—	—	—	11,10	—
Magnesia	0,50	0,12	0,18	0,16	0,16	0,31	0,20	0,18
Kalk	0,58	0,35	0,46	0,39	0,38	2,09	0,38	0,67
Eisen- und Manganoxyd	Spur	Spur	Spur	—	—	Spur	Spur	—
Feuchtigkeit	1,53	1,64	1,70	1,31	1,11	1,65	1,20	1,02
Verlust	0,27	0,69	0,80	0,79	0,61	0,66	0,65	0,39
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Chemische Formel	$Al_2O_3, KO, 4SiO_3$	$Al_2O_3, KO, 4SiO_3$	$Al_2O_3, KO, 4SiO_3$	$Al_2O_3, KO, 4SiO_3$	$Al_2O_3, KO, 4SiO_3$	$Al_2O_3, KO, 4SiO_3$	$Al_2O_3, NaO, 4SiO_3$	$Al_2O_3, KO, 4SiO_3$

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Zusammensetzung einer großen Anzahl verschiedener Kaoline und des unlöslichen Rückstandes (zusammengezogen nach den Untersuchungen von **Brogniart** und **Malaguti**). Es ist darin sowohl die Zusammensetzung der reinen Thonsubstanz, die Quantität der freien Kieselsäure, des in verdünnten Säuren löslichen Theils, wie des unlöslichen Rückstandes, angegeben. Berechnet man danach die Zusammensetzung der Thonsubstanz, so ergiebt sich in den bei Weitem meisten Fällen die Formel $Al_2 O_3 . Si O_3 + 2 HO$, während nur wenige Ausnahmen ein anderes Verhältniß zeigen.

Fundort.	Kieselsäure im Ganzen.	Freie Kieselsäure.	Thonsubstanz.			In verdünnten Säuren löslich.			Unlöslicher Rückstand.
			Kieselsäure.	Thonerde.	Wasser.	Kalk, Magnesia, Kali.	Kalk, Magnesia, Natron.	Eisen und Mangan.	
Limoges	42,07	10,98	31,09	34,65	12,17	1,33	—	Spur	9,76
Louhossoa bei Bayonne	43,12	Nicht getrennt		33,00	23,00	—	0,50	Spur	—
Pieux bei Cherbourg	42,31	2,43	39,88	34,51	12,09	1,39	—	Spur	9,67
Mercus (Ariège)	27,22	Nicht getrennt		20,00	9,03	1,24	—	0 ,48	42,00
Mende (Lozère)	35,61	Nicht getrennt		22,33	9,70	4,32	—	3,37	24,64
Clos de Madame (Allier)	39,91	2,67	37,24	36,37	12,94	1,80	—	Spur	8,96
Chabrol (Puy-de-Dome)	32,93	7,79	25,14	29,88	10,73	1,56	—	Spur	24,87
Breage (Cornwall)	46,63	1,27	45,36	24,06	8,74	0,60	NaO Spur	Spur	19,65
Plymton (Devonshire)	44,26	10,19	34,07	36,81	12,74	1,55	—	Spur	4,30
Chiesi (Insel Elba)	45,03	1,16	43,87	32,24	11,36	3,21	—	Spur	8,14
Bourgmanero (Piemont)	23,94	6,62	17,32	21,14	7,42	—	--	1,23	48,00
Tretto bei Schio	37,07	Nicht getrennt		25,28	6,64	6,33	—	Spur	24,64
Rama (Passau)	42,15	9,71	36,77	37,08	12,83	2,85	Spur	0,56	4,50
Auerbach (Passau)	32,48	7,13	25,35	29,45	10,50	1,13	—	Spur	26,42
Diendorf bei Hafnerzell (Passau)	28,61	7,17	21,44	25,75	9,60	1,57	—	Spur	34,44
Aue bei Schneeberg	35,98	1,76	34,22	34,12	11,09	0,69	—	Spur	18,00
Kaschna bei Meißen	29,42	1.82	27,60	25,00	9,80	0,71	—	Spur	33,52
Seilitz bei Meißen	40,78	9,10	31,68	34,16	12.10	0,60	NaO Spur	Spur	12,33
Schletta bei Meißen	39,10	0,67	38,48	20,92	7,26	3,98	—	1,31	27,50
Morl bei Halle	26,10	4,44	21,66	22,50	7,55	—	—	Spur	43,84
Sosa bei Johanngeorgenstadt	45,07	Nicht getrennt		38,15	9,69	1,80	—	Spur	5,53
Zetlitz bei Carlsbad	33.98	4,95	29,03	26,66	9,55	1,13	—	Spur	28,63
Münchshoff bei Carlsbad	44,12	2,40	41,72	40,61	13,56	0,95	—	Spur	0,74
Prinzdorff in Ungarn	26.76	1,00	25.76	15.17	5,22	1,83	—	0,56	50,40
Bornholm (Schweden)	38.57	7,04	31,53	34,99	12,52	0,54	0,93	—	13,36
Rißanski (Rußland)	29 30	Nicht getrennt		47,83	22,23	—	0,68	Spur	—
Oporto (Portugal)	40.62	3,72	36.90	43.94	14,62	—	—	—	0,11
Sargadelos (Galizien)	43,25	6,48	36,77	37,38	12,83	0,88	—	Spur	5,64
Wilmington (Delaware)	32 69	12,23	20.46	35.01	12,12	1,14	0,72	Spur	22,81
Newcastle (Delaware)	29,73	9.39	20.34	25,59	8,94	—	—	—	34,99
China	13,72	Nicht getrennt		9,80	2,62	KO 3,08	—	0,43	68,18

Analyse des Aluminiums und seiner Verbindungen. Das Aluminium wird stets in der Form von Thonerde bestimmt. Ist der Gehalt an Aluminium oder an Thonerde in einem reinen Thonerdesalz mit flüchtiger Säure, wie in essigsaurer Thonerde, salpetersaurer, salzsaurer Thonerde, zu bestimmen, so braucht man dieses nur heftig zu glühen, um daraus reine Thonerde abzuscheiden. Die schwefelsaure Thonerde hält selbst beim stärksten Glühen etwas von ihrer Säure zurück und kann daher nicht durch bloßes Glühen bestimmt werden. In den meisten Fällen wird man die Thonerde aus ihrer Lösung in Säuren als Thonerdehydrat fällen und nach dem Glühen wägen. Es sind dabei einige Vorsichtsmaßregeln erforderlich, ohne deren Anwendung man keine genauen Resultate erhält. Das Thonerdehydrat verliert sein Wasser bei schwacher Glühhitze, die dabei zurückbleibende Thonerde ist aber im hohen Grade hygroskopisch und zieht mit Begierde Feuchtigkeit aus der Luft an; sie verliert diese Eigenschaft durch sehr heftiges Glühen (vergl. S. 472). Vor dem Glühen trocknet man das Hydrat so scharf wie möglich, bringt es mit seinem Filter in einen Platintiegel und erhitzt zuerst sehr gelinde, weil beim raschen Erhitzen leicht eine Decrepitation eintritt, welche Stücke der Thonerde aus dem Tiegel schleudern kann. Nach einiger Zeit öffnet man den Tiegel, legt ihn schräg über die Flamme der Lampe und verbrennt die Filterkohle. Ist dies geschehen, so bedeckt man den Tiegel wieder und erhitzt so stark als irgend möglich. Der noch fast glühend heiße Tiegel wird in ein mit einer matten Glasplatte luftdicht zu verschließendes Glas, auf dessen Boden sich Chlorcalcium befindet, gebracht und darin erkalten gelassen, worauf man ihn mit seinem Inhalte möglichst rasch wägt.

Wird die Thonerde aus einer Lösung, welche größere Mengen von Alkalien enthält, durch Ammoniak gefällt, so fällt stets ein Theil der Alkalien mit der Thonerde nieder und ist nicht durch Auswaschen von ihr zu trennen. Um daher die Thonerde rein zu erhalten, fällt man sie durch Ammoniak aus einer siedend heißen Lösung, filtrirt, wäscht mit siedendem Wasser, löst das Thonerdehydrat auf dem Filter durch Uebergießen mit Salzsäure, wäscht das Filter so lange mit siedendem Wasser, bis einer der abfließenden Tropfen keine saure Reaction mehr zeigt, und fällt aufs Neue aus der vorher zum Sieden erhitzten Lösung durch Ammoniak. Der Niederschlag wird dann vollständig ausgewaschen und unter den oben angegebenen Vorsichtsmaßregeln geglüht und gewogen.

Das Thonerdehydrat ist nicht ganz unlöslich in Ammoniak, seine Löslichkeit wird aber durch die Anwesenheit von Ammoniaksalzen sehr vermindert oder ganz aufgehoben. Hat man daher die Thonerde nicht aus einer stark sauren Lösung zu fällen, in welchem Falle hinreichend Ammoniaksalze gebildet werden, so fügt man vor dem Zusatz des Ammoniaks eine größere Menge Salmiak hinzu.

Die Thonerde kann nicht direct durch Ammoniak gefällt werden bei Gegenwart von Kieselsäure und Phosphorsäure, weil diese mit niederfallen würden.

Da die Thonerde aus saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff nicht gefällt wird, so kann man dadurch sämmtliche Metalle, deren Schwefelverbindungen in Säuren unlöslich sind, von der Thonerde trennen.

Am häufigsten ist die Thonerde von Eisenoxyd zu trennen. Dieses gelingt leicht, sobald keine Phosphorsäure zugegen ist. Man leitet in die saure Lösung so lange schweflige Säure, bis alles Eisenoxyd zu Oxydul reducirt ist, erhitzt zum Sieden und fügt einen Ueberschuß von Kali- oder Natronlauge hinzu. Es wird dadurch ein voluminöser weißer Niederschlag von Eisenoxydulhydrat gefällt. Man fährt fort zu kochen, bis dieser Niederschlag eine schwarze Farbe angenommen hat und dicht und körnig geworden ist, bis er sich durch Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxydoxydul verwandelt hat. Die Flüssigkeit wird abfiltrirt, der Niederschlag gewaschen, das Filtrat mit Salzsäure übersättigt und die Thonerde mit Ammoniak gefällt. Da sie so leicht Kali oder Natron enthält, so wird sie nach dem Waschen wieder in Salzsäure gelöst und von Neuem gefällt. Das Eisenoxydoxydul wird in Salzsäure gelöst, die kalte Flüssigkeit mit Chlor- oder Bromwasser vermischt, um alles Eisen zu oxydiren, zum Sieden erhitzt, das Eisenoxyd durch Ammoniak gefällt, welches nach dem Waschen getrocknet und gewogen wird.

Bequemer gelingt die Bestimmung beider Körper auf folgende Weise:

Die Eisenoxyd und Thonerde enthaltende Flüssigkeit wird bis zu einem bestimmten Volum, z. B. 200 C.-C., verdünnt. In der einen Hälfte der Flüssigkeit fällt man durch Ammoniak gemeinschaftlich Eisenoxyd und Thonerde und bestimmt nach dem Waschen deren Gewicht. In der anderen Hälfte reducirt man das Eisenoxyd zu Oxydul durch Zink und bestimmt das Eisen mit übermangansaurem Kali (Chamäleon) (s. den Artikel Eisen). Berechnet man das Eisen auf Oxyd, so braucht man dieses nur von dem gefundenen Gewicht des Eisenoxyds und der Thonerde abzuziehen, um den Gehalt an Thonerde zu finden.

Ist in einer zu untersuchenden Substanz außer Thonerde und Eisenoxyd noch Phosphorsäure zugegen, so entfernt man zuerst die Phosphorsäure, indem man eine salpetersaure Lösung von molybdänsaurem Ammoniak hinzufügt und die saure Flüssigkeit mehrere Stunden im Wasserbade erhitzt. Die Phosphorsäure scheidet sich dabei vollständig als gelbes krystallinisches phosphorsaures-molybdänsaures Ammoniak ab, welches man abfiltrirt und mit Wasser, welches etwas von der molybdänsauren Lösung enthält, auswäscht. Das Filtrat wird mit Ammoniak übersättigt und Eisenoxyd von Thonerde wie oben getrennt. Den phosphorsäurehaltigen Niederschlag übergießt man mit Ammoniak, worin er sich leicht löst, fügt Salmiak und dann schwefelsaure Magnesia hinzu. Nach vierundzwanzigstündigem Stehen filtrirt man die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia ab, wäscht mit ammoniakhaltigem Wasser, worin die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia unlöslich ist, vollkommen aus, trocknet, glüht den Niederschlag nach dem Verbrennen der Filterkohle möglichst heftig und bestimmt sein Gewicht; es bleibt dabei phosphorsaure Magnesia $2 MgO . PO_5$ zurück, nach deren Gewicht man den Phosphorsäuregehalt berechnet. Zur vollständigen Fällung der

Phosphorsäure ist ein sehr großer Ueberschuß von molybdänsaurem Ammoniak erforderlich, man muß daher, um sich zu überzeugen, das Filtrat mit einer neuen Portion der Lösung vermischen und zum Sieden erhitzen, wobei weder eine gelbliche Färbung der Flüssigkeit, noch ein Niederschlag entstehen darf. Diese Methode ist namentlich sehr geeignet, wenn es sich um Bestimmung kleiner Mengen von Phosphorsäure neben viel Eisenoxyd und Thonerde handelt, wie es z. B. bei der Untersuchung von Bodenarten rc. der Fall ist.

Kommt viel Phosphorsäure neben Thonerde vor, wie z. B. bei der Analyse des Wawellits, so mischt man die sehr fein gepulverte Substanz mit 1 bis 2 Th. Kieselsäure und 6 Th. kohlensaurem Natron-Kali und erhitzt im Platintiegel so lange, bis die Masse vollkommen ruhig fließt, wobei man den Tiegel bedeckt hält, weil sonst von der schmelzenden Masse kleine Theilchen durch die entweichende Kohlensäure umhergeschleudert werden könnten. Nach dem Erkalten legt man den Tiegel in ein Glas mit Wasser, fügt kohlensaures Ammoniak hinzu und läßt so lange in der Kälte stehen, bis die Masse im Tiegel sich bis auf einen weißen Niederschlag gelöst hat. Dieser Niederschlag besteht aus kieselsaurer Thonerde, während alle Phosphorsäure in der Lösung enthalten ist. Den Niederschlag trennt man von der Flüssigkeit durch Filtration, löst ihn in Salzsäure, verdampft im Wasserbade zur Trockne, digerirt einige Stunden lang bei 100°, befeuchtet dann mit concentrirter Salzsäure und übergießt mit heißem Wasser. Die Kieselsäure bleibt ungelöst und kann von der Thonerde durch Filtration getrennt werden. Im Filtrat fällt man die Thonerde durch Ammoniak. Zur Bestimmung der Phosphorsäure neutralisirt man die von der kieselsauren Thonerde abfiltrirte Flüssigkeit mit Salzsäure, verdampft zur Trockne, um gelöste Kieselsäure abzuscheiden, löst in Wasser und fällt, nachdem die Kieselsäure abfiltrirt ist, unter Zusatz von Salmiak und Ammoniak durch schwefelsaure Magnesia.

Die Trennung der Thonerde von den übrigen Körpern, mit denen sie gewöhnlich gemeinschaftlich vorkommt, wird sich am besten an einem Beispiel erklären lassen. Wir wählen dazu ein in Säuren unlösliches Silicat, welches Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, Kalk, Magnesia und Alkalien enthält. Die Substanz wird zuerst im Achatmörser zu einem absolut feinen Pulver zerrieben. Ein gewogener Theil davon wird im Platintiegel mit seinem acht- bis zehnfachen Gewicht kohlensaurem Natron-Kali gemischt und bei aufgelegtem Deckel zuerst schwach, darauf allmälig zum vollen Glühen erhitzt, wobei man die Temperatur so regulirt, daß die durch das Entweichen der Kohlensäure aufschäumende Masse nicht übersteigen kann. Man unterhält die Glühhitze so lange, bis das Ganze vollkommen ruhig fließt und keine Gasbläschen mehr bemerkbar sind. Nach dem Erkalten legt man den Tiegel sammt Deckel in ein Becherglas, übergießt mit heißem Wasser und läßt damit eine Stunde digeriren, um die löslichen Salze möglichst auszuziehen. Dann giebt man tropfenweis Salzsäure hinzu, läßt aber zwischen jedem neuen Zusatz so lange Zeit vergehen, bis keine Kohlensäure mehr entweicht. Würde man gleich Anfangs einen Ueberschuß von Salzsäure anwenden, so würde die Kieselsäure in compacter Form abgeschieden werden und Theile der Substanz so fest umhüllen, daß der weitere Angriff der Salzsäure sehr erschwert würde. Nach und nach giebt man dann so viel Salzsäure zu, bis durch einen ferneren Zusatz keine Kohlensäure mehr ausgetrieben wird. Es wird entweder Alles gelöst, oder ein Theil der Kieselsäure in leichten, weißen Flocken abgeschieden sein. Man nimmt dann den Platintiegel vorsichtig heraus und spült ihn mit Wasser ab. Sollte sich am Boden des Glases ein schweres sandiges Pulver abscheiden, so ist dies ein Beweis, daß entweder die Substanz nicht fein genug gepulvert war, oder daß die Schmelzung nicht lange genug fortgesetzt wurde. Man thut dann am besten, wieder von vorn mit feiner gepulverter Substanz zu beginnen.

Die saure Lösung wird in demselben Glase im Wasserbade zur Trockne verdampft und der Rückstand wenigstens mehrere Stunden lang bei 100° digerirt. Die Kieselsäure ist dadurch völlig unlöslich geworden. Man befeuchtet den Rückstand mit concentrirter Salzsäure und erhitzt ihn mit Wasser zum Sieden, filtrirt und wäscht die Kieselsäure mit heißem Wasser vollständig aus. Nach dem Trocknen schüttet man die Kieselsäure aus dem Filter auf ein Stück schwarzes Glanzpapier, verbrennt das Filter im Platintiegel und fügt erst dann die übrige Kieselsäure zur Asche des Filters. Diese wird stark geglüht und nach dem Erkalten rasch gewogen, weil sie leicht Feuchtigkeit absorbirt.

Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit enthält alle Salze als Chlorverbindungen, das Eisen als Chlorid, das Mangan als Chlorür. Man erhitzt zum Kochen, neutralisirt die freie Säure, soweit es thunlich ist ohne einen bleibenden Niederschlag hervorzubringen, mit kohlensaurem Natron, läßt erkalten und fügt in Wasser vertheilten kohlensauren Baryt hinzu, wodurch Eisenoxyd und Thonerde gefällt werden. Diese filtrirt man zusammen mit dem überschüssig zugesetzten kohlensauren Baryt ab, wäscht sie mit kaltem Wasser aus, löst den Niederschlag in Salzsäure, verdünnt mit Wasser und fällt den Baryt aus der siedenden Flüssigkeit durch Schwefelsäure. In der vom schwefelsauren Baryt abfiltrirten Flüssigkeit trennt man Eisenoxyd und Thonerde nach einer der oben beschriebenen Methoden.

Die von dem Eisenoxyd, der Thonerde und kohlensaurem Baryt abfiltrirte Flüssigkeit wird kalt mit Chlor- oder Bromwasser vermischt, um das Manganchlorür in Chlorid zu verwandeln, und dann ebenfalls mit kohlensaurem Baryt vermischt, wodurch Manganoxyd gefällt wird. Dieses filtrirt man mit dem überschüssigen kohlensauren Baryt ab, löst nach dem Auswaschen in Salzsäure, fällt den Baryt in der verdünnten siedenden Flüssigkeit durch Schwefelsäure und fällt das Mangan in der vom schwefelsauren Baryt abfiltrirten Flüssigkeit durch kohlensaures Natron als kohlensaures Manganoxydul, welches nach dem Auswaschen und Trocknen bei Zutritt der Luft stark geglüht und als Manganoxyduloxyd gewogen wird.

In der vom Manganoxyd und kohlensaurem Baryt abfiltrirten Flüssigkeit ist noch Kalk und Magnesia zu bestimmen, außerdem ist Baryt darin enthalten, wel-

chen man aus der siedenden Flüssigkeit, nachdem man mit Salzsäure sauer gemacht hat, durch Schwefelsäure fällt und abfiltrirt. Das Filtrat wird zunächst mit kohlensaurem Natron oder mit Ammoniak versetzt, um den größten Theil der freien Säure zu neutralisiren, dann unter Zusatz einer Lösung von essigsaurem Natron zum Sieden erhitzt und der Kalk durch oxalsaures Ammoniak aus der Flüssigkeit, welche außer Essigsäure keine freien Säuren mehr enthält, gefällt. Der oxalsaure Kalk fällt aus einer heißen, freie Essigsäure enthaltenden Flüssigkeit als schweres krystallinisches Pulver nieder, welches sich leicht filtriren und auswaschen läßt, während er, wenn er aus einer kalten, nicht sauren Lösung gefällt wird, sich in höchst vertheiltem Zustande abscheidet, sich schwer absetzt und fast regelmäßig beim Auswaschen durch das Filter geht. Er wird nach dem Auswaschen geglüht, mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Ammoniak übergossen, damit sehr vorsichtig eingetrocknet, wieder sehr schwach geglüht und als kohlensaurer Kalk gewogen. Oder man verwandelt den oxalsauren Kalk in schwefelsauren Kalk, um ihn als solchen zu wägen. Zu dem Behuf trennt man den Niederschlag so sorgfältig wie möglich vom Filter, bringt dieses zuerst in den Platintiegel, verbrennt vollständig zur Asche, fügt dann den trocknen Niederschlag hinzu, befeuchtet ihn mit einigen Tropfen Schwefelsäure, erhitzt zuerst gelinde, später, nachdem der Ueberschuß von Schwefelsäure verdampft ist, zum vollen Glühen. Nach dem Gewicht des schwefelsauren Kalks wird der Kalkgehalt berechnet.

Die vom oxalsauren Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wird mit phosphorsaurem Natron und einem großen Ueberschuß von Ammoniak vermischt und die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia nach vierundzwanzig Stunden abfiltrirt, mit Ammoniakwasser gewaschen, nach dem Trocknen sehr allmälig zum starken Glühen erhitzt und als pyrophosphorsaure Magnesia gewogen.

Es bleibt nun nur noch die Bestimmung der Alkalien übrig. Diese muß in einer besonderen Probe vorgenommen werden. Eine gewogene Menge der zur höchsten Feinheit zerriebenen Substanz wird in einer Platinschale mit concentrirter Fluorwasserstoffsäure übergossen, nach einigen Stunden mit Schwefelsäure vermischt und damit so lange erwärmt, bis der größte Theil der freien Schwefelsäure verdampft ist. Die Gesammtmenge der Kieselsäure hat sich dann als Fluorkieselwasserstoffsäure verflüchtigt, alle Basen sind mit Schwefelsäure verbunden. Der Rückstand muß sich in siedendem Wasser vollkommen klar lösen, wenn die Abscheidung der Kieselsäure gelungen ist. Sollte ein Rückstand bleiben, so behandelt man diesen noch einmal mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure und fügt dessen Lösung zu der ersten Flüssigkeit.

Bei der Lösung der schwefelsauren Salze muß jedoch, wenn viel Kalk zugegen ist, eine große Menge heißes Wasser angewandt werden, weil der schwefelsaure Kalk schwer löslich ist. Man vermischt dann, nachdem die größte Menge der freien Schwefelsäure durch Ammoniak neutralisirt ist, mit essigsaurem Ammoniak und fällt den Kalk durch oxalsaures Ammoniak, wie oben beschrieben ist. Das Filtrat engt man durch Verdampfung bedeutend ein, vermischt nach dem Erkalten mit Chlor- oder Bromwasser und fällt Eisenoxyd, Thonerde und Manganoxyd durch Ammoniak. Der Niederschlag enthält außerdem einen Theil der Magnesia, die hier aber nicht berücksichtigt zu werden braucht. Die hiervon abfiltrirte Flüssigkeit enthält noch schwefelsaures Kali, Natron, Ammoniak und Magnesia, nebst sonstigen Ammoniaksalzen. Man verdampft zur Trockne in einer Platinschale und glüht, bis keine Dämpfe von Ammoniaksalzen mehr entweichen. Den Rückstand löst man in wenig Wasser, filtrirt wenn es nöthig ist, verdampft in einem Platintiegel und glüht den Rückstand gelinde, wobei man mit einem Stückchen kohlensauren Ammoniaks das noch saure schwefelsaure Kali und Natron in neutrale Salze verwandelt. Der Rückstand enthält außer diesen beiden Salzen noch schwefelsaure Magnesia. Sein Gewicht wird bestimmt, darauf löst man ihn in Wasser, bestimmt den Gehalt an Schwefelsäure und Magnesia. Berechnet man dann nach der hier gefundenen Magnesia die Menge der damit verbundenen Schwefelsäure und zieht das Gewicht der schwefelsauren Magnesia von dem gefundenen Gewicht der schwefelsauren Salze ab, so findet man das Gewicht des schwefelsauren Kalis und des schwefelsauren Natrons. Nachdem man von der Gesammtmenge der Schwefelsäure das Gewicht der mit Magnesia verbundenen Schwefelsäure abgezogen hat, hat man das Gewicht der mit Kali und Natron verbundenen Schwefelsäure. Nach dem Gewicht des schwefelsauren Kalis und schwefelsauren Natrons und der bekannten Menge der damit verbundenen Schwefelsäure läßt sich der Gehalt an Kali und Natron berechnen. Nennt man das Gewicht der beiden schwefelsauren Salze x, das Gewicht der darin enthaltenen Schwefelsäure y, so findet man den Gehalt an schwefelsaurem Natron nach der Formel:

$$NaO, SO_3 = \frac{y - (x \,.\, 0{,}4587)}{0{,}1047}$$

Der Rest ist schwefelsaures Kali. Die Begründung dieser Formel werden wir im Artikel Kalium angeben.

Bei der Analyse des Thons kann man auf die oben beschriebene Weise verfahren, da der Thon im Wesentlichen ein durch verdünnte Säuren nicht zersetzbares Silicat ist. Will man aber die Gruppirung der einzelnen Substanzen, die nähere Zusammensetzung des Thons kennen lernen, so sucht man durch passende Behandlung mit Säuren und Alkalien die einzelnen Bestandtheile in große Gruppen zu zerlegen, die man dann entweder für sich weiter untersuchen, oder als solche in dem Resultat der Analyse aufführen kann. Man kommt dadurch zu einer rationellen Analyse, deren Resultate in den Untersuchungen der Kaoline S. 497 zusammengestellt sind.

Der Thon wird zuerst bei 100° getrocknet, um das hygroskopische Wasser zu entfernen, und gewogen. Darauf glüht man dieselbe Probe und bestimmt so das mit der Thonsubstanz chemisch verbundene Wasser.

Eine andere nicht geglühte Probe wird eine bis zwei Minuten lang mit einer 5procentigen Kalilauge gekocht, um die freie Kieselsäure zu lösen. Das Unlösliche wird abfiltrirt, gewaschen, geglüht und gewogen. Die Ge-

wichtsdifferenz entspricht der Menge der löslichen Kieselsäure und der Gesammtmenge des Wassers.

Eine dritte Probe kocht man auf dieselbe Weise mit Kalilösung, läßt die Flüssigkeit sich durch Ruhe vollkommen klären, zieht die alkalische Lösung mit einem Heber ab und kocht mit Salzsäure, wodurch man Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Alkalien entfernt, die man in dieser Lösung trennen und bestimmen kann. Der Rückstand besteht aus reiner Thonsubstanz und unzersetztem oder mechanisch beigemengtem Gestein, man sammelt ihn auf einem getrockneten und gewogenen Filter, wäscht aus, trocknet bei 100° und wägt. Zur Trennung des Thons bringt man die gewogene Substanz aus dem Filter in eine geräumige Platinschale, verbrennt das Filter und fügt die Asche desselben zu der übrigen Substanz, die man dann mit concentrirter Schwefelsäure übergießt und so lange kocht, bis nur noch wenig Schwefelsäure zurückgeblieben ist. Darauf fügt man viel Wasser hinzu, läßt absetzen, zieht die klare Flüssigkeit mit einem Heber ab und wiederholt das Auswaschen mehrere Male. Wenn das Waschwasser nicht mehr stark sauer schmeckt, übergießt man die Substanz mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron, kocht damit eine Viertelstunde lang, verdünnt mit Wasser und wäscht wieder durch Decantation. Durch die Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure wird der Thon zersetzt, die Thonerde löst sich, die Kieselsäure wird abgeschieden und diese löst man durch das Kochen mit kohlensaurem Natron. In den seltensten Fällen ist jedoch eine einmalige Behandlung mit Schwefelsäure genügend, um den Thon vollständig zu zersetzen, gewöhnlich muß man dieselbe Behandlung drei-, vier- oder mehrmal wiederholen. Die vollständige Entfernung des Thons erkennt man nur durch eine Prüfung des Rückstandes unter dem Mikroskop; so lange sich dadurch noch amorphe, fein vertheilte Substanzen wahrnehmen lassen, muß man das Kochen mit Säure wiederholen. Der Rückstand ist endlich beigemengtes Gestein, welches für sich gewogen wird. Die Differenz der beiden letzten Gewichte giebt den Gehalt an reiner Thonsubstanz.

Analyse des käuflichen Aluminiums und seiner Legirungen nach Deville. Das im Handel vorkommende Aluminium und seine Legirungen enthalten folgende Elemente:

- Chlor,
- Fluor,
- Silicium,
- Aluminium,
- Eisen,
- Natrium,
- Zink,
- Kupfer,
- Silber.

Chlor. Ein von seinen Schlacken nicht vollkommen getrenntes Aluminium kann Chlor enthalten. Um dieses zu bestimmen, löst man 1 bis 2 Grm. des Metalls in Natronlösung, übersättigt schwach mit Salpetersäure, filtrirt und fällt das Chlor mit salpetersaurem Silberoxyd. Das Chlorsilber wird gewaschen, nach der Verbrennung des Filters geglüht und gewogen.

Fluor ist meistens nur in so geringer Menge zugegen, daß man sich mit seiner qualitativen Nachweisung begnügen muß. Das Metall wird in möglichst wenig Natronlauge gelöst, die Flüssigkeit mit so viel verdünnter Schwefelsäure versetzt, daß sie nur noch schwach alkalisch reagirt, und darauf, ohne die sich abscheidende Thonerde abzufiltriren, in einem Platintiegel zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird darauf mit etwas concentrirter Schwefelsäure vermischt und der Tiegel mit einer Glasplatte bedeckt, die man mit einem Aetzgrund überzogen und in diesem einige kleine Stellen frei gemacht hat. Beim Erwärmen des Tiegels wird Fluorwasserstoffsäure frei, welche das Glas an den nicht mit Aetzgrund bedeckten Stellen angreift und diese nach der Entfernung des Grundes matt erscheinen läßt.

Silicium. Das Metall wird in Salzsäure gelöst, die Flüssigkeit in einer Platinschale zur Trockne verdampft und der Rückstand in Salzsäure und siedendem Wasser aufgenommen, wobei ein Gemenge von Silicium, Siliciumoxydul und Kieselsäure zurückbleibt, welches man abfiltrirt. Das Filter bringt man in einen Platintiegel, befeuchtet es mit Ammoniak, trocknet und verbrennt es bei möglichst niedriger Temperatur. Das Siliciumoxydul wird dabei vollständig zu Kieselsäure oxydirt und man hat ein Gemenge von Silicium und Kieselsäure. Die letztere entfernt man durch Behandlung mit etwas verdünnter Flußsäure, wäscht das zurückbleibende Silicium und bestimmt dessen Gewicht. Da man dadurch die Menge der gebildeten Kieselsäure findet, so hat man die nöthigen Daten, um den Siliciumgehalt zu berechnen.

Natrium. Die übrigen Bestandtheile werden in der von dem Silicium und der Kieselsäure abfiltrirten Flüssigkeit bestimmt. Man fügt einen großen Ueberschuß von Salpetersäure hinzu, verdampft in einer Porzellanschale zur Trockne, um alle Metalle in salpetersaure Salze zu verwandeln. Der Rückstand wird in eine Platinschale gespült, auf dem Sandbade zur Trockne verdampft und so lange erhitzt, bis sich reichlich rothe Dämpfe aus der Masse entwickeln. Nach dem Erkalten befeuchtet man mit einer Lösung von salpetersaurem Ammoniak und Aetzammoniak, darauf erwärmt man so lange, bis die Flüssigkeit nicht mehr nach Ammoniak riecht, verdünnt mit Wasser und filtrirt. Das Filtrat A enthält alles Natrium als salpetersaures Natron, das Unlösliche B alles Aluminium, Eisen rc. als Oxyde.

Das Filtrat A wird mit oxalsaurem Ammoniak auf Kalk geprüft und, wenn dadurch ein Niederschlag entsteht, der oxalsaure Kalk abfiltrirt, der auf bekannte Weise in kohlensauren oder schwefelsauren Kalk übergeführt und als solcher bestimmt wird. Die Gegenwart des Kalks ist nur möglich, wenn dem Metall flußspathhaltige Schlacken anhängen. Die vom Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wird in einer Platinschale zur Trockne verdampft und bis 200 bis 300° erhitzt, um das salpetersaure Ammoniak zu zersetzen und fortzuschaffen. Es bleibt dann salpetersaures Natron zurück, welches man mit etwas wäßriger Oxalsäure vermischt, eintrocknet und glüht, um es in kohlensaures Natron überzuführen. Dieses wird in Wasser gelöst; sollte sich dabei etwas Kohle abscheiden, so beseitigt man sie durch Filtration

und übersättigt die Lösung mit Salzsäure, worauf man wieder eintrocknet und das Natrium als Chlornatrium wägt.

Eisen und Aluminium. Der unlösliche Rückstand B wird in einem Platinschiffchen geglüht und in diesem, welches man, um eine Absorption von Wasser zu vermeiden, in ein verschlossenes Glasrohr schiebt, gewogen, nachdem man vorher das Gewicht des Schiffchens auf dieselbe Weise bestimmt hat. Das Schiffchen wird darauf in ein Porzellan- oder Platinrohr gebracht, ein Strom reines, trockneś Wasserstoffgas darübergeleitet und zum Glühen erhitzt. Wenn das Rohr stark glüht, läßt man statt des Wasserstoffs Chlorwasserstoffgas durch den Apparat gehen, wodurch das anfangs reducirte Eisen in Eisenchlorür verwandelt wird, welches sich in dem Gasstrom verflüchtigt, ohne daß die Thonerde durch das Salzsäuregas verändert wird. Am Ende der Operation, wenn das Rohr nicht mehr glüht, läßt man wieder Wasserstoffgas durchgehen und darin erkalten. Schließlich nimmt man das Platinschiffchen heraus, wägt von Neuem und findet durch die Differenz der Wägungen die Menge des Eisenoxyds, während der Rest Thonerde ist.

Nach den so gefundenen Gewichten des Eisenoxyds und der Thonerde berechnet man die Menge des Eisens und des Aluminiums.

Zink. Um das Zink vom Aluminium zu trennen, löst man in Salzsäure, übersättigt mit Ammoniak, fügt Essigsäure bis zur deutlich sauren Reaction hinzu und filtrirt vom Ungelösten ab. Das Filtrat sättigt man mit Schwefelwasserstoffgas, wodurch alles Zink als Schwefelzink gefällt wird. Dieses filtrirt man ab, wäscht mit Schwefelwasserstoffwasser, trocknet und glüht es bei Luftzutritt, wodurch es in Zinkoxyd verwandelt wird, dessen Gewicht man bestimmt.

Kupfer. Man befolgt dieselbe Methode wie beim Zink. Das Metall wird in Salzsäure unter Zusatz von etwas Salpetersäure gelöst, mit Ammoniak übersättigt, um das Siliciumoxydul zu zerstören, die Flüssigkeit mit Salzsäure wieder angesäuert, filtrirt und im Filtrat das Kupfer durch Schwefelwasserstoff ausgefällt. Das Schwefelkupfer wird mit Schwefelwasserstoffwasser gewaschen und durch Rösten im Tiegel in Kupferoxyd verwandelt.

Silber. Das Metall wird in schwachem Königswasser gelöst, die Flüssigkeit stark verdünnt, abfiltrirt und der Rückstand, Chlorsilber, Silicium, Siliciumoxydul und Kieselsäure, gewaschen. Das Filter übergießt man darauf mit Ammoniak, wodurch das Chlorsilber gelöst wird, wäscht vollständig aus und fällt das Chlorsilber im Filtrat durch Uebersättigung mit Salpetersäure oder Salzsäure. Das Chlorsilber wird gewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen und daraus der Silbergehalt berechnet.

Stohmann.

Ammoniak.

Das Ammoniak ist eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff, deren Zusammensetzung der Formel NH_3 entspricht. Ein Volum Stickstoff liefert bei seiner Verbindung mit drei Volumen Wasserstoff zwei Volume Ammoniakgas. Mit Säuren zusammengebracht verbindet sich das Ammoniak mit diesen, indem es mit dem Wasserstoff derselben zusammentritt und mit diesem ein zusammengesetztes Radical das Ammonium NH_4 bildet, welches dann die Stelle des Wasserstoffs der Säuren vertritt.

Die erste Erwähnung von Ammoniumsalzen, oder von Ammoniaksalzen, wie man sie abgekürzt zu nennen pflegt, finden wir bei dem Araber Geber, dem unser Salmiak unzweifelhaft bekannt war. Das Sal ammoniacus der älteren Schriftsteller ist jedenfalls Steinsalz gewesen und hat erst in späterer Zeit seinen Namen einer ganz anderen Substanz gegeben. Das Ammoniakgas wurde von Black 1756 entdeckt und von Priestley näher studirt und 1774 beschrieben, Berthollet zerlegte es 1785 in seine Elemente und wies seine quantitative Zusammensetzung nach.

Vorkommen. Das Ammoniak findet sich als kohlensaures Salz in geringer Menge in der atmosphärischen Luft und also im Regenwasser. Gewitterregen enthalten vorzugsweise salpetersaures Ammoniak. Der Salmiak kommt als Sublimat in Vulcanen vor. Jede fruchtbare Ackererde enthält Ammoniak, vorzugsweise findet es sich in solchen Bodenarten, die reich an Thon und Eisenoxyd sind. Alles natürlich vorkommende Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, sowie die Thone enthalten Ammoniak, welches sie wohl zum Theil aus der Luft oder aus Regenwasser aufgenommen haben. Viele Mineralquellen, Salzsoolen, Steinsalze lassen geringe Mengen von Salmiak nachweisen. Im frischen unzersetzten normalen Harn und in den festen Excrementen der Menschen und Vierfüßler kommen nur sehr geringe Mengen von Ammoniak vor, die Excremente der Schlangen und Vögel sind dagegen reich an Ammoniakverbindungen, die Schlangenexcremente enthalten außer Mineralstoffen fast nur saures harnsaures Ammoniak.

Bildung. Stickstoffgas und Wasserstoffgas lassen sich nicht unmittelbar zu Ammoniak verbinden. Entzündet man aber ein Gemenge von Wasserstoffgas, Stickstoff und Sauerstoff durch den elektrischen Funken, so bildet sich salpetersaures Ammoniak. Ammoniak bildet sich, wenn man Stickoxydgas, Untersalpetersäure oder Salpetersäuredampf mit Wasserstoff gemischt durch ein mit porösen Substanzen, Platinschwamm, Eisenoxyd 2c. gefülltes und gelinde erhitztes Rohr leitet; aller Stickstoff wird dabei in Ammoniak verwandelt. Ferner wenn

Wasserstoff im Entstehungszustande auf Salpetersäure oder auf die Oxyde des Stickstoffs einwirkt; so beim Lösen von Aluminium in salpeterhaltiger Natronlauge oder beim Lösen von Eisen oder Zink in verdünnter kalter Salpetersäure, wobei Zink an die Stelle des Wasserstoffs der Salpetersäure tritt und der frei werdende Wasserstoff einen anderen Theil der Salpetersäure in salpetersaures Ammonium verwandelt nach folgenden Gleichungen:

$$\underbrace{10\,\left.{}^{NO_4}_{H}\right\}O_2}_{\text{Salpetersäure.}} + \underbrace{8\,Zn}_{\text{Zink.}} = \underbrace{8\,\left.{}^{NO_4}_{Zn}\right\}O_2}_{\text{Salpetersaures Zink.}} + \underbrace{8\,H}_{\text{Wasserstoff.}} + \underbrace{2\,\left.{}^{NO_4}_{H}\right\}O_2}_{\text{Salpetersäure.}}$$

$$8\,H + 2\,\left.{}^{NO_4}_{H}\right\}O_2 = \underbrace{\left.{}^{NO_4}_{NH_4}\right\}O_2}_{\text{Salpetersaures Ammonium.}} + \underbrace{6\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

Leitet man ein Gemenge von Stickstoffgas und Wasserdampf über glühendes metallisches Eisen, so wird zunächst der Wasserdampf zersetzt und der freiwerdende Wasserstoff bildet mit dem Stickoxyd Ammoniak und Wasser. Beim Erhitzen von metallischem Eisen, Salpeter und Kalihydrat wird durch Zersetzung des Hydratwassers und der Salpetersäure Ammoniak gebildet. Stickstoffmetalle liefern beim Schmelzen mit Kalihydrat Ammoniak. Eisenfeile mit Wasser befeuchtet und der Luft ausgesetzt, läßt in dem entstehenden Rost Ammoniak nachweisen; ob dieses Ammoniak aus der Vereinigung des Stickstoffs der Luft mit dem freiwerdenden Wasserstoff gebildet wird, oder ob der Ammoniakgehalt des Rostes aus der Luft absorbirt ist, oder ob er endlich nicht aus den im Eisen stets vorkommenden Stickstoffmetallen gebildet wird, ist noch nicht nachgewiesen. Endlich vereinigt sich nach Schönbein's neuesten Untersuchungen der Stickstoff der Luft direct mit Wasser zu salpetrigsaurem Ammoniak bei jeder Verdampfung von Wasser, sobald die Luft ungehinderten Zutritt hat.

Bei der Fäulniß aller organischen stickstoffhaltigen Substanzen entsteht Ammoniak, es wird dabei jedoch nicht die Gesammtmenge des Stickstoffs in Ammoniak verwandelt, sondern ein Theil desselben wird in freier Form ausgeschieden. Der Ammoniakgehalt des faulenden Harns rührt von der Zersetzung des in demselben enthaltenen Harnstoffs her. Das Ammoniak tritt außerdem bei vielen anderen Zersetzungen stickstoffhaltiger organischer Stoffe auf, so namentlich bei der trocknen Destillation. Beim Erhitzen solcher Stoffe mit Kalihydrat oder mit Natronkalk wird die Gesammtmenge des Stickstoffs, sofern sie nicht in Form von salpetersauren Salzen oder als Nitroverbindungen darin enthalten war, in Ammoniak verwandelt. Der Stickstoff des Cyankaliums wird beim Erwärmen mit Wasser, oder auch in Berührung mit feuchter Luft als Ammoniak abgeschieden.

So mannigfache Bildungsweisen des Ammoniaks es auch giebt, so wird doch bis jetzt noch die Gesammtmenge der jährlich producirten Ammoniaksalze aus den bei der trocknen Destillation thierischer oder pflanzlicher Stoffe gewonnenen Flüssigkeiten dargestellt. Als Rohproduct ist man auf die Verarbeitung des sogenannten Gaswassers, oder der bei der Destillation von Knochen und thierischen Substanzen gewonnenen Flüssigkeit angewiesen, von denen jedoch das erstere in der Technik die größte Bedeutung hat. Bei jeder Verbrennung von Steinkohlen ꝛc. wird der Stickstoffgehalt derselben als Ammoniak in die Luft getrieben, es ist daher jede Feuerung, jeder Ofen eine Quelle dieses so wichtigen Körpers. Mannigfache Versuche, das Ammoniak aus dem ins Freie entweichenden Rauch oder aus den Destillationsproducten der Kohksöfen zu gewinnen, haben jedoch bislang zu keinem praktischen Resultat geführt.

Eigenschaften des Ammoniaks. Das Ammoniak ist ein farbloses Gas, von scharfem durchdringendem Geruch. Da 1 Volum Ammoniakgas aus $1\frac{1}{2}$ Volum Wasserstoff und $\frac{1}{2}$ Volum Stickstoff besteht, so ist sein specifisches Gewicht die Summe der specifischen Gewichte dieser beiden Gase in obigem Mischungsverhältnisse, oder:

	Spec. Gewicht.
$\frac{1}{2}$ Volum Stickstoff	0,4853
$1\frac{1}{2}$ „ Wasserstoff	0,1040
1 Volum Ammoniak	0,5893.

Das von mehreren Beobachtern direct bestimmte specifische Gewicht des Ammoniakgases stimmt mit dieser Berechnung sehr nahezu überein. Durch starken Druck läßt sich das Ammoniak zu einer tropfbaren, wasserhellen Flüssigkeit von 0,76 spec. Gew. verdichten, die bei —33,7° siedet. Unter einem Druck von 20 Atmosphären und gleichzeitiger Abkühlung auf —75° erstarrt das flüssige Ammoniak zu einer weißen krystallinischen Masse. Es erstarrt gleichfalls, wenn man das flüssige Ammoniak unter der Glocke der Luftpumpe neben Schwefelsäure verdampfen läßt, wobei sich seine Temperatur bis auf etwa —87° erniedrigt. Die Spannkraft der Dämpfe des condensirten Ammoniaks beträgt nach Regnault:

bei	—78,2°	157,95	M.-M. Quecksilber,
„	—40	528,61	„ „ „
„	—30	876,58	„ „ „
„	—25	1112,12	„ „ „
„	—20	1397,74	„ „ „
„	—10	2149,52	„ „ „
„	0	3162,87	„ „ „
„	+10	4612,19	„ „ „
„	+20	6467,00	„ „ „
„	+30	8832,20	„ „ „
„	+40	11776,42	„ „ „

Das Gas ist kaum brennbar. In Sauerstoff oder mit Sauerstoff gemischt brennt es mit grünlicher Flamme. Als sauerstofffreies Gas kann es die Verbrennung anderer Körper nicht unterhalten. Es ist leicht löslich in Wasser und Alkohol und wird von beiden mit großer Begierde absorbirt.

Die Lösungen des Ammoniaks in Wasser zeigen bei verschiedener Concentration folgende specifische Gewichte:

Nach Ure:

Spec. Gew.	Procentgehalt.	Spec. Gew.	Procentgehalt.
0,8914	27,940	0,9363	15,900
8937	27,633	9410	14,575
8967	27,038	9455	13,250
8983	26,751	9510	11,925
9000	26,500	9564	10,600
9045	25,175	9614	9,275
9090	23,850	9662	7,950
9133	22,525	9716	6,625
9177	21,200	9768	5,500
9227	19,875	9828	3,975
9275	18,550	9887	2,650
9320	17,225	9945	1,325

Nach Otto:

Procentgehalt.	Spec. Gew.	Procentgehalt.	Spec. Gew.
12,000	0,9517	8,500	0,9650
11,875	9521	8,375	9654
11,750	9526	8,250	9659
11,625	9531	8,125	9664
11,500	9536	8,000	9669
11,375	9540	7,875	9673
11,250	9545	7,750	9678
11,125	9550	7,625	9683
11,100	9555	7,500	9688
10,954	9556	7,375	9692
10,875	9559	7,250	9697
10,750	9564	7,125	9702
10,625	9569	7,000	9707
10,500	9574	6,875	9711
10,375	9578	6,750	9716
10,250	9583	6,625	9721
10,125	9588	6,500	9726
10,000	9593	6,375	9730
9,875	9597	6,250	9735
9,750	9602	6,125	9740
9,625	9607	6,000	9745
9,500	9612	5,875	9749
9,375	9616	5,750	9754
9,250	9621	5,625	9759
9,125	9626	5,500	9764
9,000	9631	5,375	9768
8,875	9636	5,250	9773
8,750	9641	5,125	9778
8,625	9645	5,000	9783

Nach Griffin bei 16,7° C.:

Spec. Gew.	Procentgehalt.	Spec. Gew.	Procentgehalt.
0,87500	34,694	0,88500	31,558
87625	34,298	88625	31,172
87750	33,903	88750	30,785
87875	33,509	88875	30,400
88000	33,117	89000	30,016
88125	32,725	89125	29,633
88250	32,335	89250	29,252
88375	31,946	89375	28,871

Spec. Gew.	Procentgehalt.	Spec. Gew.	Procentgehalt.
0,89500	28,492	0,94750	13,456
89625	28,113	94875	13,119
89750	27,736	95000	12,782
89875	27,359	95125	12,446
90000	26,984	95250	12,111
90125	26,610	94375	11,777
90250	26,237	95500	11,444
90375	25,865	95625	11,111
90500	25,493	95750	10,780
90625	25,123	95875	10,4490
90750	24,754	96000	10,1190
90875	24,386	96125	9,7901
91000	24,019	96250	9,4620
91125	23,653	96375	9,1347
91250	23,288	96500	8,8083
91375	22,924	96625	8,4827
91500	22,561	96750	8,1580
91625	22,198	96875	7,8341
91750	21,837	97000	7,5111
91875	21,477	97125	7,1888
92000	21,118	97250	6,8674
92125	20,760	97375	6,5469
92250	20,403	97500	6,2271
92375	20,046	97625	5,9082
92500	19,691	97750	5,5901
92625	19,337	97875	5,2728
92750	18,983	98000	4,9563
92875	18,631	98125	4,6406
93000	18,280	98250	4,3255
93125	17,929	98375	4,0111
93250	17,579	98500	3,6983
93375	17,231	98625	3,3858
93500	16,883	98750	3,0741
93625	16,536	98875	2,7632
93750	16,190	99000	2,4531
93875	15,846	99125	2,1438
94000	15,502	99250	1,8352
94125	15,158	99375	1,5274
94250	14,816	99500	1,2[illegible]04
93375	14,475	99625	0,9141
94500	14,135	99750	0,6087
94625	13,795	99875	0,3040

Nach Carius bei 14° C.

Procentgehalt.	Spec. Gew.	Procentgehalt.	Spec. Gew.
1	0,9959	19	0,9283
2	9915	20	9251
3	9873	21	9221
4	9831	22	9191
5	9790	23	9162
6	9749	24	9133
7	9709	25	9106
8	9670	26	9078
9	9631	27	9052
10	9593	28	9026
11	9556	29	9001
12	9520	30	8976
13	9480	31	8953
14	9449	32	8929
15	9414	33	8907
16	9380	34	8885
17	9347	35	8864
18	9314	36	8844

Mit allen Säuren verbindet sich das Ammoniak leicht zu Ammoniumsalzen und wird von allen mit größter Begierde verschluckt. Bei einer Temperatur von — 65° besteht jedoch zwischen concentrirter Schwefelsäure und flüssigem Ammoniak keine Affinität mehr, das letztere schwimmt auf der ersteren, ohne sich zu verändern, und erst in dem Maße, wie die Temperatur steigt, findet eine ganz allmälige Verbindung Statt.

Manche Salze und namentlich das Chlorsilber und das Chlorcalcium absorbiren das Ammoniak in großer Menge, beim Erhitzen geben sie es aber leicht wieder ab. Diese Eigenschaft des Ammoniaks wurde von Faraday zuerst benutzt, um das Gas zur Flüssigkeit zu condensiren. Der eine Schenkel einer gebogenen, starkwandigen Glasröhre wurde mit Chlorsilber-Ammoniak gefüllt und dann der andere leere Schenkel zugeschmolzen; beim Erwärmen der Chlorsilberverbindung verdichtete sich das Gas in dem anderen stark abgekühlten Schenkel.

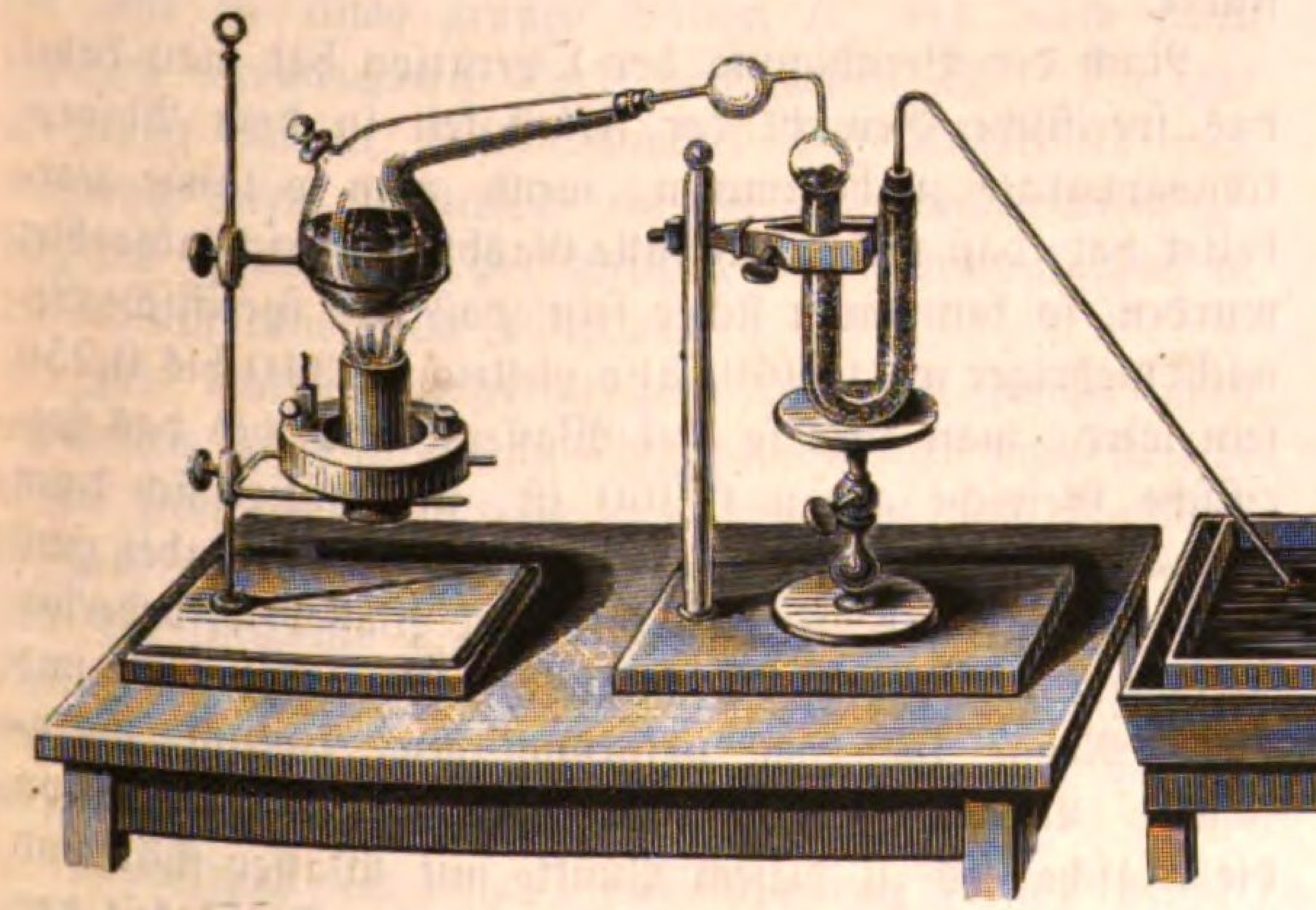
Das Ammoniak wird seiner wäßrigen Lösung wie auch der Lösungen seiner Salze durch Ackererde entzogen und in einen unlöslichen Zustand versetzt. Thonreiche Erden zeigen dieses Verhalten im höchsten Grade, thonärmere weniger; reiner Kaolin absorbirt nur sehr geringe Mengen reines Ammoniak und nimmt nur Spuren davon aus den Salzen auf. Es ist demnach nicht die eigentliche Thonsubstanz, der diese Eigenschaft zukommt.

Darstellung des Ammoniaks. Das Ammoniak erhält man durch Zersetzung eines Ammoniumsalzes mittelst Kalk. Am häufigsten bedient man sich dazu des Salmiaks, wobei sich die Zersetzung durch folgende Formel ausdrücken läßt:

$$\underbrace{NH_4Cl}_{\text{Chlorammonium}} + \underbrace{CaO}_{\text{Kalk}} = \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak}} + \underbrace{CaCl}_{\text{Chlorcalcium}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser}}$$

Der Salmiak wird fein gepulvert, mit seinem doppelten Gewicht gebranntem Kalk, der ebenfalls fein gepulvert ist, gemischt und in eine Retorte oder Kolben gebracht, worauf man das Gemisch noch mit einer Schicht Kalkpulver bedeckt. Der Apparat wird zunächst mit einem weiten mit Kalihydrat oder gebranntem Kalk gefüllten Rohre verbunden; an diesem ist ein gebogenes Rohr befestigt, welches das Gas in eine mit Quecksilber gefüllte Glocke leitet. Der ganze Apparat ist in Fig. 96 dargestellt.

Fig. 96.



Man erhitzt anfangs gelinde. Das sich zuerst entwickelnde Gas treibt die im Apparat enthaltene Luft aus, man läßt dieses daher entweder entweichen, oder wechselt die Glocke, nachdem sich in dieser so viel Gas angesammelt hat, daß man annehmen kann, alle Luft des Apparats sei durch das Ammoniak verdrängt. Nach und nach muß man die Hitze verstärken, weil das poröse Gemenge ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, zu Ende der Operation muß das Gefäß, wenn man nicht einen großen Theil des Salmiaks unzersetzt lassen will, nahe zum Glühen kommen, womit jedesmal die Zerstörung des Apparats verbunden ist.

Statt das Gas über Quecksilber aufzufangen, kann man sich auch dazu eines enghalsigen Kolbens bedienen, den man, mit seiner Mündung nach unten gekehrt, über ein verticales Rohr, aus welchem das Gas ausströmt, stellt. Da das Ammoniak leichter als die atmosphärische Luft ist, so verdrängt es diese und sammelt sich in dem Kolben, welchen man nach beendigter Füllung, wenn man das Gas nicht sofort verbrauchen will, durch Eintauchen in Quecksilber absperrt.

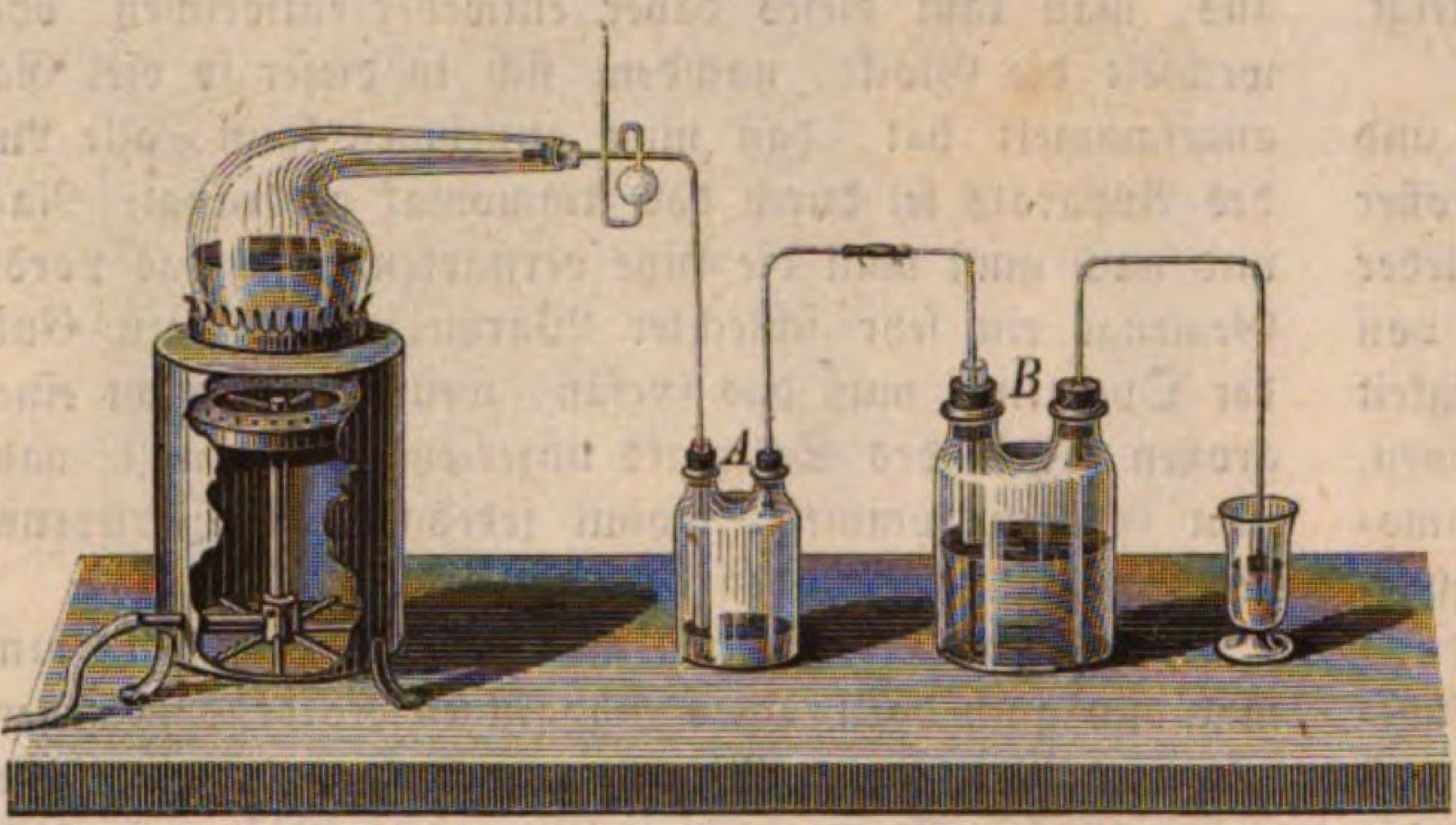
Weit leichter wie mit Salmiak ist die Darstellung des Ammoniakgases aus kohlensaurem Ammoniak, man verfährt dabei genau auf die beschriebene Weise. Bei der Flüchtigkeit des kohlensauren Salzes ist eine weit niedrigere Temperatur zur Zersetzung erforderlich. Die Schicht Kalk, mit der das Gemenge bedeckt wird, und das mit Kalihydrat oder Kalk gefüllte Rohr verhindern die Verflüchtigung von unzersetztem Salz vollständig, wenn nicht ganz übermäßig erhitzt wird.

Das Ammoniakgas wird nur zu wissenschaftlichen Zwecken dargestellt, für die mannigfachen Verwendungen des Ammoniaks bereitet man Lösungen des Gases in Wasser, die mit dem Namen Salmiakgeist oder auch kurz als Ammoniak bezeichnet werden. Da es sich dabei nicht um die Entwicklung eines trocknen Gases handelt, so bereitet man es durch Erhitzung eines flüssigen Gemisches von Kalkmilch und Salmiak, aus dem das Gas leicht entweicht und dann in Wasser geleitet werden kann. Zur Zersetzung von 1 Aeq. Salmiak oder 53,5 Gew.-Th. ist 1 Aeq. Kalk oder 28 Gew.-Th. erforderlich; man nimmt jedoch von letzterem stets einen Ueberschuß, und zwar wendet man meistens gleiche Gewichte gebrannten Kalk und Salmiak an. 1 Th. Kalk wird mit 3 Th. Wasser zu Brei gelöscht und dieser nach dem Erkalten in einer Retorte oder einem Kolben mit 1 Th. fein gepulvertem Salmiak vermischt.

Zur Darstellung des Salmiakgeistes in kleinem Maßstabe kann man sich des in Fig. 97 dargestellten Apparats bedienen. Er besteht aus der Retorte, welche durch Glasröhren mit den beiden Flaschen *A* und *B* verbunden ist. In die erste Flasche bringt man nur sehr wenig Wasser, da es nur

zur Zurückhaltung fremdartiger Körper, welche das Gas begleiten, wie z. B. einiger mechanisch mitgerissenen Tropfen der Mischung, dienen soll. Die zweite Flasche füllt man ungefähr bis zu $^3/_4$ mit Wasser und bemerkt

Fig. 97.



sich den Stand der Flüssigkeit durch einen Feilstrich oder auf eine andere Weise. Bei gelindem Erwärmen, welches auf freiem Feuer, durch glühende Holzkohlen, Gas oder dergl. geschehen kann, löst der Salmiak sich rasch in der Flüssigkeit auf, die Zersetzung geht dann leicht und gleichmäßig von Statten. Anfangs wird der größte Theil des Gases in der Waschflasche verdichtet, sobald aber das darin vorhandene Wasser gesättigt ist, geht das Gas auch in das eigentliche Absorptionsgefäß und wird dort von dem Wasser mit großer Begierde aufgesogen, so daß namentlich im Anfange keine Gasblase an die Oberfläche der Flüssigkeit gelangt.

In dem Maße, wie das Ammoniak aus der Retorte ausgetrieben wird, muß man auch die Temperatur der Flüssigkeit erhöhen, da die letzten Theile Ammoniak erst beim Siedpunkt des Wassers entweichen. Dann geht aber auch eine beträchtliche Menge Wasserdampf in die Vorlagen und wird größtentheils in der Waschflasche verdichtet. Sobald man aber bemerkt, daß derselbe auch in den Absorptionsapparat geht, thut man besser, diesen abzunehmen und die Waschflasche vorsichtig abzukühlen, da sonst die Wasserdämpfe den fertigen Salmiakgeist nicht allein verdünnen, sondern auch durch das Erwärmen das schon absorbirte Ammoniakgas wieder austreiben würden. Die in der Waschflasche befindliche Flüssigkeit kann man zu mancherlei Zwecken anwenden, z. B. zur Darstellung des Eisenoxydhydrats, statt des Harnes in manchen Industriezweigen u. s. w., oder man kann es auch bei einer nächsten Operation zur Darstellung der Kalkmilch statt Wasser anwenden, nachdem man den Kalk gelöscht hat, und es so wieder verwerthen.

Am Ende der Operation kann es sehr leicht eintreten, daß eine Contraction im Innern des Apparats stattfindet, entweder durch eine plötzliche Condensation der Wasserdämpfe oder durch eine Absorption des über der Flüssigkeit stehenden Ammoniakgases. Alsdann würde sich das Gleichgewicht des Druckes wieder herstellen, indem die Flüssigkeit aus dem einen Gefäß in das andere gepreßt würde. Um dieses zu vermeiden, sind an jedem Theil des Apparats Sicherheitsröhren angebracht. Die gebogene Röhre schützt die Retorte, in den übrigen Flaschen sind in dem einen Tubulus zwei Röhren angebracht, eine weite oben und unten offene, und eine engere, welche durch die weite Röhre geht; die letztere steht höchstens einen halben Zoll tief in der Flüssigkeit, während die andere bis nahe auf den Boden der Flasche reicht; sobald daher eine Contraction im Innern stattfindet, wird die atmosphärische Luft durch die Sicherheitsröhre in den Apparat treten und das Gleichgewicht wieder herstellen. Diese Art von Sicherheitsröhre hat noch den Vortheil, daß man den Apparat weit leichter auseinandernehmen kann und daß sie bei Weitem nicht so zerbrechlich ist, wie andere Arten dieses Instruments.

Je nachdem man das Ammoniakgas längere oder kürzere Zeit die Absorptionsflüssigkeit durchströmen läßt, um so mehr wird sich davon lösen, je gehaltreicher wird die Lösung werden. Eine vollständig gesättigte Lösung darzustellen, ist jedoch schwierig und unpraktisch, weil eine nahezu gesättigte Lösung das Gas nicht mehr mit derselben Begierde absorbirt, wie eine schwache Lösung und mithin ein großer Theil des Gases unverdichtet entweicht, wodurch Verluste herbeigeführt werden; dazu kommt noch, daß die absolut gesättigte Flüssigkeit, welche in 100 Th. 35 Th. Ammoniak enthält, schon unter dem Gefrierpunkt des Wassers siedet, bei einem Gehalt von 25 Proc. Ammoniak liegt der Siedpunkt noch innerhalb der Temperatur der Luft bei gewöhnlicher Sommerwärme. So stark gesättigte Flüssigkeiten würden daher freiwillig den größten Theil ihres Gehalts verdunsten lassen und in geschlossenen Gefäßen aufbewahrt, diese durch den durch das freiwerdende Gas ausgeübten Druck zersprengen. Aus diesen Gründen stellt man gewöhnlich für den Handel nur eine Flüssigkeit von sehr annähernd 10 Proc. Ammoniakgehalt dar, welche 0,960 spec. Gew. hat. Nur für einzelne Zwecke bereitet man eine concentrirtere Flüssigkeit mit 23 Proc. Ammoniak und 0,916 spec. Gew., es ist dies der **Liquor Ammonii caustici fortis** der preußischen Pharmakopöe, welcher aber nur ausnahmsweise Verwendung findet.

Nach der Beendigung der Operation hat man daher das specifische Gewicht der Flüssigkeit in dem Absorptionsapparate zu bestimmen; wenn man so lange gearbeitet hat, daß nicht mehr alle Gasblasen rasch absorbirt wurden, so kann man sicher sein, daß das specifische Gewicht niedriger wie 0,960, also vielleicht 0,940 bis 0,950 sein wird; man fügt so viel Wasser hinzu, bis das specifische Gewicht genau 0,960 ist, und notirt sich dann den Stand der Flüssigkeit an der Flasche; dabei muß man sich aber bemerken, wie viel Wasser erforderlich war, um die richtige Dichtigkeit hervorzubringen, und diese Menge zu dem ursprünglichen Volum hinzufügen. Wenn man dann bei einer nächsten Operation die Flasche bis zu diesem Punkte mit Wasser füllt und so lange Ammoniakgas einleitet, bis die Flüssigkeit den oberen Punkt erreicht hat, so ist man sicher, einen Salmiakgeist von der richtigen Concentration zu erhalten.

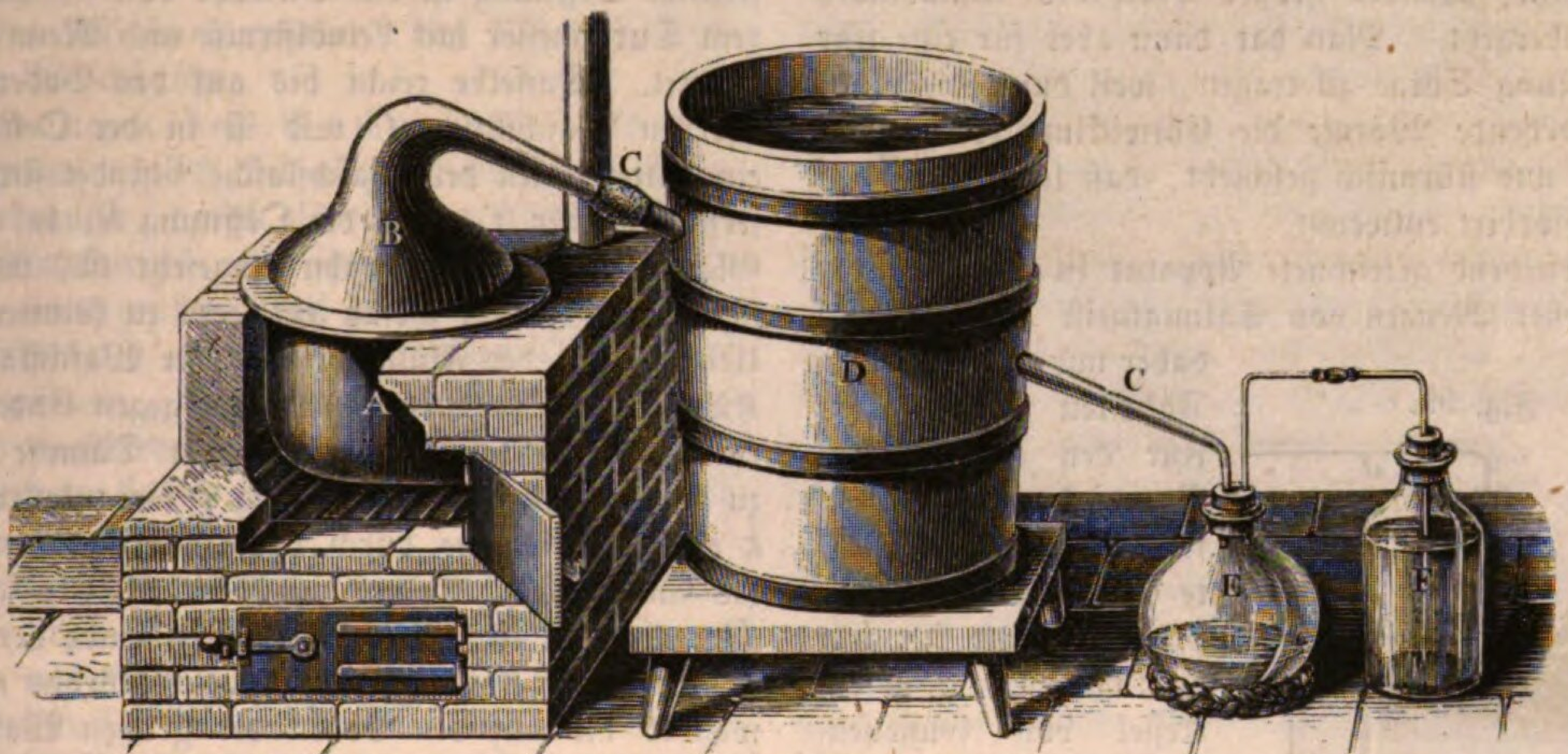
Will man die concentrirtere Lösung bereiten, so stellt man die Absorptionsflasche in ein geräumiges mit

kaltem Wasser gefülltes Gefäß, in welchem Eisstücke schwimmen, und kühlt auf diese Weise das Absorptionswasser möglichst ab. Dann läßt man so lange Ammoniakgas einströmen, bis dieses nicht mehr absorbirt wird. In den meisten Fällen wird die Flüssigkeit dann das richtige specifische Gewicht zeigen; sollte sie zu concentrirt sein, so fügt man die nöthige Menge Wasser zu, ist sie nicht genügend gesättigt, so fährt man entweder fort Gas einzuleiten oder zweckmäßiger verwahrt man sie bis zur nächsten Operation und läßt dann die erste Menge Gas, welcher nicht eine so große Menge Wasserdampf beigemischt ist, in die schon nahezu gesättigte und immer stark abgekühlte Flüssigkeit treten.

Die noch concentrirtere Lösung von 0,882 spec. Gew. ist nur in den englischen Pharmakopöen aufgenommen, dieselben führen aber neben derselben noch den gewöhnlichen Salmiakgeist von 0,960 spec. Gew.

Zur Darstellung großer Mengen Salmiakgeist eignet sich der in Fig. 98 dargestellte Apparat sehr gut. Man bringt 100 Pfd. Salmiak oder schwefelsaures Ammo-

Fig. 98.



niak in den Kessel *A* und vermischt dieses durch heftiges Umrühren mit 100 Pfd. gebranntem Kalk, der vorher mit circa 300 Pfd. Wasser gelöscht ist, mit der Vorsicht, daß man die Kalkmilch nicht eher hinzufügt, als bis sie ganz kalt geworden ist. Die Entwicklung des Ammoniakgases würde sonst stattfinden, ehe man den Apparat geschlossen hat, wodurch dem Arbeiter große Unannehmlichkeiten entstehen würden. Dann lutirt man den Deckel *B* mit dem Helme auf den Kessel und verbindet den Helm mit dem Kühlrohr. Der Schnabel des Rohres geht in einen großen Ballon *E*, der durch einen zweifach durchbohrten Kork verschlossen ist. Die eine Oeffnung nimmt den Schnabel des Kühlrohrs auf, während durch die andere ein zweimal rechtwinklig gebogenes Glasrohr geht, welches das Ammoniakgas in die Absorptionsflasche *F* leitet.

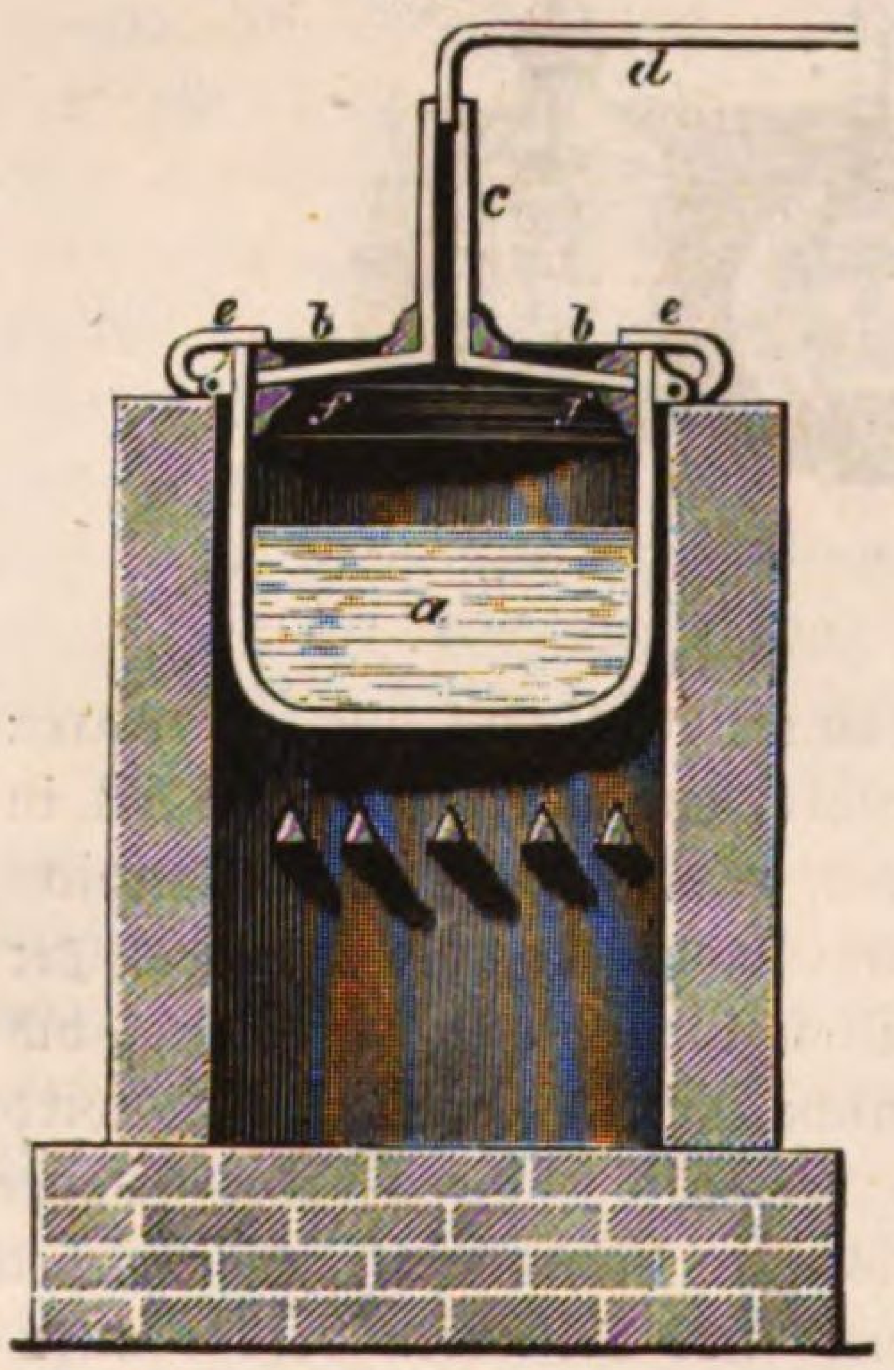
Zum Lutiren dieser großen Apparate wendet man am besten einen Teig von Roggenmehl an; man streicht diesen zwischen die Fugen des Apparats und überklebt sie noch außerdem mit starkem Papier; um ein Zerreißen des Lutums zu verhindern, beschwert man den Deckel des Kessels mit einigen Gewichten. Kleinere Apparate lutirt man mit einem Gemenge von Eiweiß und gepulverter Kreide.

Man thut am besten, den Apparat Abends herzurichten und ihn dann während der Nacht stehen zu lassen, um dem Lutum Zeit zu geben, etwas zu erhärten. Am folgenden Morgen zündet man das Feuer unter *A* an. Das Ammoniakgas entweicht durch das eiserne Kühlrohr *C*, welches in dem Wasserbottich *D* liegt; hier werden alle Wasserdämpfe verdichtet und absorbiren einen Theil des Ammoniaks. Das Liquidum fließt in den Ballon *E*, der größte Theil des Gases entweicht aber durch die gebogene Glasröhre und wird in der Flasche *F* condensirt. Diese bleibt so lange stehen, bis sie das gewünschte specifische Gewicht erreicht hat, wird dann mit einer anderen vertauscht, die frisches Wasser enthält, und so fort, bis alles Ammoniak ausgetrieben ist. Man thut am besten, stets dieselben Gefäße anzuwenden, und an ihnen den Stand, welchen die Flüssigkeit im Ballon einnimmt, wenn die Füllung des Kessels erschöpft ist, und das Volum des fertigen Salmiakgeistes in der Flasche zu bemerken. Man hat alsdann bei späteren Operationen stets einen Anhaltspunkt, wonach man seine Manipulationen einrichten kann. 100 Pfd. Salmiak — Chlorammonium — entsprechen 32 Pfunden Ammoniakgas. Von diesem findet sich ein Theil in dem Ballon *E*, der nach vollendeter Operation durchschnittlich 100 Pfd. Flüssigkeit von ungefähr 0,965 spec. Gew. enthält; dieses entspricht circa 9,5 Pfd. Ammoniak, der Rest, also 22,5 Pfd., wird als reiner Salmiakgeist gewonnen. Wenn man diesen so concentrirt macht, daß sein specifisches Gewicht 0,960 ist, und er also 10 Proc. Ammoniak enthält, so kann man 225 Pfd. Salmiakgeist gewinnen. Diese Zahlen sind natürlich nur approximativ, sie können indessen einen Anhalt bei der Fabrikation geben. Die Flüssigkeit in dem Ballon ist gewöhnlich etwas gefärbt und muß daher als ein geringeres Präparat verwerthet werden; sie ist indessen für alle Zwecke der Kattundrucker u. s. w. voll-

kommen geeignet; hat man aber dafür keinen Absatz, so kann man sie bei der nächsten Operation statt reinen Wassers in den Kessel bringen. Durch eine einfache Vorrichtung an diesem Apparate kann man einen großen Theil des Feuers ersparen. Wenn man nämlich einen mittelst eines Hahns zu verschließenden Trichter auf dem Deckel des Kessels hat, so kann man den Salmiak und den gebrannten Kalk in trocknem Zustande in den Apparat bringen und die nöthige Menge Wasser erst unmittelbar vor der Operation durch den Trichter in den Kessel fließen lassen. Durch die beim Löschen des Kalkes frei werdende Wärme wird dann die Flüssigkeit so weit erhitzt, daß ein großer Theil des Ammoniaks von selbst übergeht. Man hat dann aber für eine sehr gute Abkühlung Sorge zu tragen, weil durch die plötzlich frei werdende Wärme die Entwicklung des Gases so plötzlich und stürmisch geschieht, daß leicht ein Theil davon unabsorbirt entweicht.

Der vorstehend gezeichnete Apparat ist auf die Darstellung großer Mengen von Salmiakgeist berechnet und daher nur in chemischen Fabriken verwendbar. Für den gewöhnlichen Bedarf der Apotheken, selbst größerer Geschäfte genügt der in Fig. 99 dargestellte Apparat vollkommen. *a* ist ein Kessel von Gußeisen, der in seinem Innern mit einem Rande *f* versehen ist; auf diesem ruht der Deckel *b* und wird durch die Klammern *e* darauf befestigt. *c* ist das Abzugsrohr für das Gas, welches dann durch die Glasröhre *d* entweicht und in einem System von Woulff'schen Flaschen verdichtet wird. Der Kessel *a* wird auf einem gewöhnlichen Windofen erhitzt.

Fig. 99.

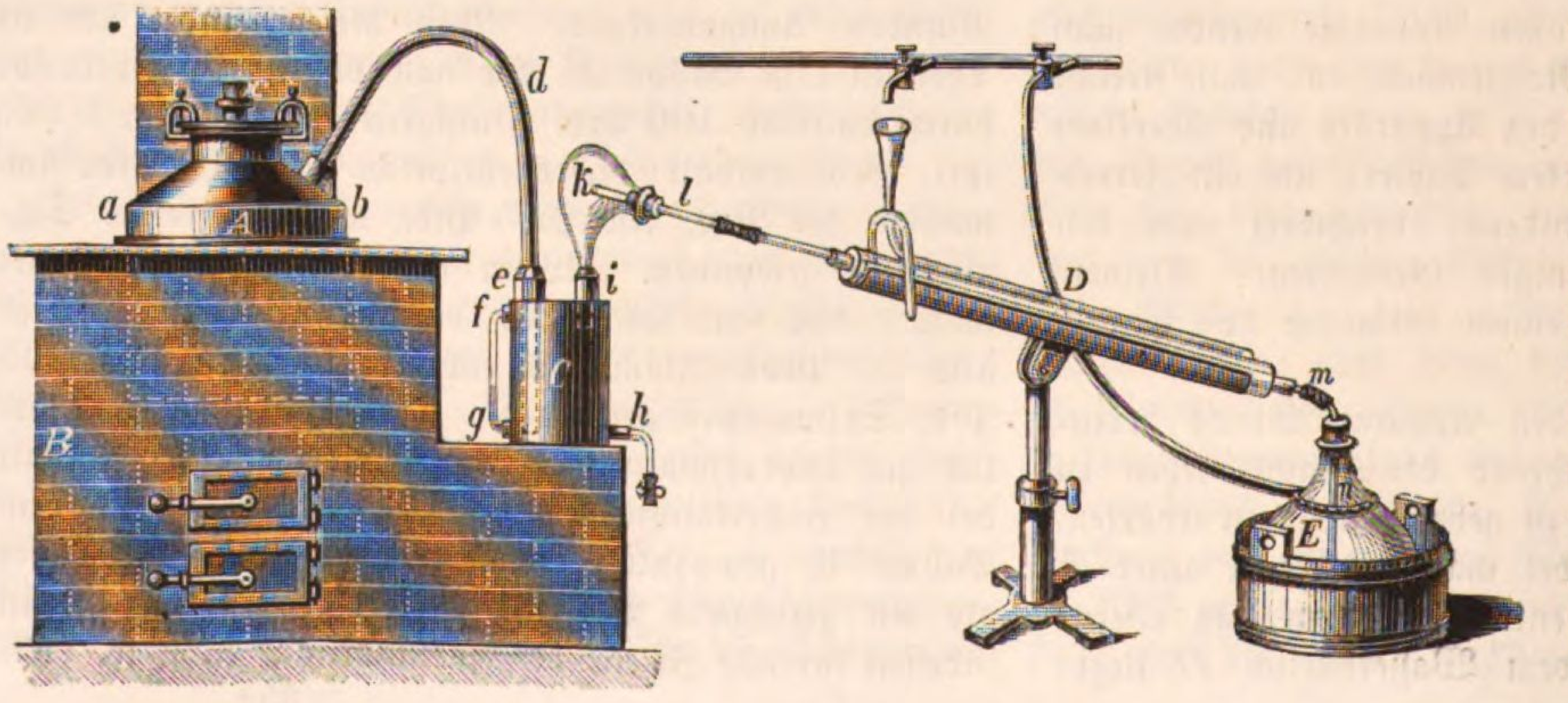


Ein neuerdings von Fresenius construirter Apparat zur Bereitung des Ammoniaks im Laboratorium ist in Fig. 100 abgebildet. Das gußeiserne Entwicklungsgefäß *A* ist in dem Ofen *B* eingemauert. Es hat bei *ab* einen Durchmesser von 47 C.-M.; die Entfernung vom Boden bis zum Deckel beträgt 63 C.-M., der Durchmesser der Oeffnung 18 C.-M. Letztere ist von einem $2\frac{1}{2}$ C.-M. breiten abgedachten Rande umgeben und durch einen Deckel *c* verschlossen, der durch drei Schrauben befestigt werden kann. Vor dem Aufsetzen des Deckels wird der Rand mit etwas Leinsamenbrei bestrichen. Die Oeffnung in der Mitte des Deckels ist mit einem guten Kork verschlossen, sie dient dazu, um am Ende der Operation die entweichenden Dämpfe auf ihren Ammoniakgehalt prüfen zu können. In die seitliche Oeffnung ist ein Bleirohr von 30 M.-M. innerem Durchmesser mit Leinölfirniß und Mennige fest eingekittet. Dasselbe reicht bis auf den Boden der gußeisernen Waschflasche *C* und ist in der Oeffnung *e* fest eingekittet. An der Waschflasche befindet sich der Wasserstandszeiger *fg* und die Oeffnung *h*, in welcher ein Glasrohr mit Quetschhahn eingesetzt ist, um die Flüssigkeit aus diesem Gefäß entleeren zu können. Um ein Ueberspritzen der Flüssigkeit aus der Waschflasche in das Kühlrohr zu vermeiden und um gegen Ende der Operation die Entwicklung brenzlicher Dämpfe beobachten zu können, ist in die Oeffnung *i* die tubulirte Vorlage *k* eingesetzt, welche durch das Glasrohr *l* und ein kurzes Ende Kautschukröhre mit dem Liebig'schen Kühler *D* verbunden ist. An dem unteren Ende der Kühlröhre ist mit einer Kautschukröhre das Glasrohr *m* befestigt, welches bis auf den Boden der großen Wasser enthaltenden Flasche reicht. Die Vorlage *E* steht in einem mit kaltem Wasser gefüllten Gefäß und wird durch das aus dem durchlöcherten Kranzrohr *n* ausströmende Wasser möglichst kalt gehalten.

In den Entwicklungsapparat kommen 13 Pfd. Salmiak und 7 Pfd. schwefelsaures Ammoniak. Beide werden gröblich gepulvert und durch Sieben möglichst innig gemischt. Das Gemenge wird mit 20 Pfd. Kalk, der vorher mit 8 Pfd. Wasser zu Staub gelöscht ist, in abwechselnden Schichten eingetragen, mit 16 Pfd. Wasser übergossen, gut umgerührt und dann der Apparat verschlossen. In die Vorlage kommen 42 Pfd. destillirtes Wasser.

Durch die gleichzeitige Anwendung des Salmiaks und des schwefelsauren Ammoniaks erreicht man nach Fresenius den großen Vortheil, daß der nach der Entwicklung im Apparate bleibende Rückstand sich ohne alle Schwierigkeit herausnehmen läßt, indem das entstehende basische Chlorcalcium und der schwefelsaure Kalk zu einer bröcklichen Masse austrocknen. Bei den angegebenen Verhältnissen zwischen den trocknen Substanzen und dem Wasser wird die Masse hinreichend flüssig, um eine vollständige und gleichmäßige Zersetzung zu ermöglichen.

Fig. 100.



Nach 5- bis 6stündigem Sieden ist die größte Menge des Ammoniaks ausgetrieben, es gehen dann so viel Wasserdämpfe mit über, daß keine Gasblasen mehr in die Vorlage kommen, und gleichzeitig werden weiße Nebel von brenzlichen Substanzen in der tubulirten Vorlage sichtbar. Sobald man dieses bemerkt, nimmt man das Verdichtungsgefäß E fort und fängt den Rest des Destillats in einem besonderen Gefäß auf. Man gewinnt dabei durchschnittlich 50,6 Pfd. reines Ammoniak von 11,1 Proc., 5,4 Pfd. trübes Destillat von 6 Proc. und 21,6 Pfd. Waschwasser von 1,5 Proc. Das letzte Destillat und das Waschwasser werden bei der nächsten Operation, so weit erforderlich ist, statt reinen Wassers zu der Mischung gegeben, das Uebrigbleibende bleibt in der Waschflasche.

Anwendungen des Ammoniaks. Es wird im Laboratorium täglich bei allen analytischen Untersuchungen gebraucht, da es als eine der stärksten Basen sämmtliche Metalloxyde aus ihren Verbindungen abscheidet und einen großen Theil derselben in unlöslicher Form niederschlägt. Es wird in großen Quantitäten in Kattundruckereien, Bleichereien, Lack- und Farbenfabriken und verschiedenen anderen Gewerbszweigen benutzt. Außerdem findet es Verwendung in der Heilkunde und in der Pharmacie.

Bei den mannigfachen Anwendungen des Ammoniaks hat man in neuerer Zeit versucht, es nicht erst durch Abscheidung aus den Ammoniumsalzen, sondern aus billigeren Rohstoffen darzustellen. Der daraus gewonnene Salmiakgeist ist für die meisten technischen Zwecke brauchbar; es gelingt jedoch nicht, ihn für chemische oder pharmaceutische Verwendungen von genügender Reinheit auf anderem Wege als dem beschriebenen zu gewinnen.

Young nahm 1841 ein Patent zur Darstellung des Ammoniaks aus dem Guano; er empfiehlt folgende Methode: Man füllt vertical liegende cylinderförmige Retorten mit 2 Theilen Guano und 1 Theil Kalkhydrat oder einem anderen kaustischen Alkali und vermischt beide Substanzen durch einen Rührapparat, fängt dann an gelinde zu erwärmen, und steigert die Temperatur allmälig bis zur Rothgluth. Durch die vereinigte Wirkung der Hitze und des Alkalis wird der ganze Stickstoffgehalt des Guanos in Ammoniak verwandelt. Man gewinnt daher nicht allein die schon bestehenden Ammoniaksalze, sondern auch den Stickstoff der organischen Verbindungen, welche stets im Guano vorkommen, in Form von Ammoniak. Dieses entweicht in ein mit Wasser gefülltes Gefäß und wird dort absorbirt. Außer dem Ammoniak werden noch andere nicht condensirbare Gase gebildet, die aber unverändert durch den Apparat gehen und auf irgend eine passende Weise entfernt werden. Diese Methode konnte zur Zeit der Patentnahme mit Nutzen anwendbar sein, bei den jetzigen hohen Preisen des Guanos ist sie aber vollkommen unausführbar.

Bei der trocknen Destillation von bituminösem Thonschiefer geht eine ammoniakhaltige Flüssigkeit über, für deren Gewinnung dem Grafen Hompesch 1841 ein Patent verliehen wurde, er benutzt sie zur Darstellung von Ammoniaksalzen.

Watson's Patent für die Gewinnung des Salmiakgeistes aus dem Ammoniakwasser der Gasfabriken, welches ihm 1828 verliehen wurde, wird folgendermaßen ausgeführt.

Man bringt das rohe Ammoniakwasser mit einer gewissen Menge Kalk, die sich nach der Qualität des Wassers richtet, in eine geräumige Retorte oder in einen Kessel, der mit einem Kühlapparat verbunden werden kann, und fängt an zu erwärmen. Das Gas wird bald ausgetrieben und von dem Wasser, welches sich in der Vorlage befindet, absorbirt. Bei längerem Erhitzen destillirt viel Wasser mit über. Sobald man dieses bemerkt, wechselt man die Vorlage und fängt das später kommende für sich auf, bis die letzten Theile der Flüssigkeit nicht mehr oder nur noch schwach alkalisch reagiren. Diese Portion bringt man bei einer folgenden Operation wieder in die Blase zurück, um sie durch eine zweite Destillation zu concentriren. Aber auch der zuerst übergegangene Theil ist noch nicht rein genug. Er enthält gewöhnlich einige ölige Substanzen, die man mechanisch trennen kann, und außerdem einen ziemlich bedeutenden Ueberschuß von Wasser, weshalb man ihn für sich noch einer Destillation unterwirft. Das Ammoniakgas wird wie vorher in etwas Wasser aufgefangen und die Vorlage gewechselt, sobald zu viel Wasser mit übergeht. Dadurch erhält man einen Salmiakgeist, der für fast alle technischen Operationen vollkommen gut genug ist. Der zweite Theil des Destillats wird für die nächste Operation verwahrt und dann wieder mit in den Destillationsapparat gebracht.

Die beste Methode zur Verarbeitung der Gasflüssigkeiten ist die von Newton 1841 bekannt gemachte, welche in der Anwendung des Coffey'schen Apparats zur Destillation des Ammoniakwassers besteht. Der Apparat ist weitläufig unter Alkohol Seite 273 beschrieben, weshalb wir hier nur auf die Modificationen aufmerksam machen, welche erforderlich waren, um ihn dieser Fabrikation anzupassen. Mit diesem Apparate kann man den Salmiakgeist von jeder beliebigen Stärke bis zur größten Concentration darstellen.

Den ganzen Apparat kann man aus mit Blei beschlagenem Holz construiren, denn Kupfer würde von den Ammoniakdämpfen rasch zerstört werden. Die durchlöcherten Platten des Abscheiders, so wie die des Rectificators, nimmt man am besten von Eisen. Je nach der Stärke des zu erzielenden Products bringt man in dem Abscheider mehr oder weniger durchlöcherte Platten an, welche Ventile haben, so belastet, daß sie sich bei einem zu starken Drucke von selbst öffnen. Die rohe Ammoniakflüssigkeit, welche am oberen Theile des Abscheiders einfließt, strömt über die Platten und gelangt von einer auf die andere durch Tropfröhren, welche einen Zoll hoch über jeder Platte anfangen und auf der darunter liegenden in einer kleinen Schale, welche ein Dampfventil bildet, endigen. Diese Röhre muß hinsichtlich ihres Kalibers der Quantität Flüssigkeit, welche oben einfließt, entsprechen. Sie ist stets gefüllt und kann daher dem von unten aufsteigenden Dampfe keinen Durchweg lassen. Der Dampf wird als Heizmittel angewandt, gelangt durch die Löcher der Platten in die Flüssigkeit und erwärmt diese bald bis zu ihrem Sied-

punkte. Je nach der Stärke des Products regulirt man den Zufluß des Ammoniakwassers und die Quantität des eintretenden Dampfs. Wenn man wünscht, daß das Ammoniak in Form von Gas aus dem Rectificator austrete, so erhält man die oberen Abtheilungen dieses Apparats nur etwas über der Temperatur der umgebenden Luft, läßt die Flüssigkeit erst heißer werden in dem Maße, wie sie weiter hinunterfließt, und erhält sie in dem großen Kasten einige Stunden lang bei der Temperatur des siedenden Wassers, um alles Gas auszutreiben. Wenn man dagegen eine Flüssigkeit von der gewöhnlichen Concentration darstellen will, so läßt man mehr Wasserdampf eintreten und kühlt die Dämpfe nachher in einem Condensationsapparate ab. Auf diese Weise läßt sich das Ammoniak in jedem Concentrationszustande nicht allein aus dem Gaswasser, sondern auch aus seinen Salzen, oder aber auch aus dem Product der trocknen Destillation animalischer Substanzen gewinnen. Unter allen Umständen muß das Ammoniak aber erst in Freiheit gesetzt werden, da es in allen diesen Substanzen mit Säuren vereinigt ist. Dieses geschieht durch Zusatz von Kalk. Der Kalk hat noch, außer der Fähigkeit, sich mit den Säuren der Ammoniaksalze zu verbinden, die Eigenschaft, einen großen Theil der fremdartigen Körper, welche in diesen rohen Flüssigkeiten vorkommen, wie Theer u. s. w., mit sich niederzuschlagen und sie daher aus der Flüssigkeit zu entfernen.

Das Gaswasser, aus welchem gegenwärtig die größte Quantität aller Ammoniaksalze dargestellt worden, ist eine Lösung von kohlensaurem Ammoniak, Schwefelammonium, Cyanammonium und enthält außerdem flüchtige Oele, Farbstoffe des Theers ꝛc. Durch die Behandlung mit Kalk wird allerdings der größte Theil des Ammoniaks in Freiheit gesetzt, es gelingt aber nicht, alles Schwefelammonium dadurch zu zerlegen, so daß man stets ein Destillat erhält, welches mehr oder weniger schwefelhaltig ist und außerdem flüchtige Oele enthält. Bei der großen Flüchtigkeit derselben ist eine völlige Abscheidung derselben durch Dephlegmation der Dämpfe nicht ausführbar, man soll es aber erreichen, wenn man die Dämpfe vor ihrer Verdichtung durch Cylinder, welche mit Holzkohlen gefüllt sind, streichen läßt. Eine vollständige Reinigung des Gases von Schwefelammonium würde sich wahrscheinlich erreichen lassen, wenn man außer den Kohlencylindern noch solche anwenden wollte, welche mit Metalloxyden, deren Metalle eine große Affinität zum Schwefel haben, gefüllt sind.

Bei der Destillation braucht man sich nicht an die Anwendung des kostspieligen Coffey'schen Apparats zu binden, sondern kann mit weit einfacheren Modificationen des Destillirapparats denselben Zweck erreichen, wozu das im Art. Alkohol S. 238 bis 292 Gesagte die beste Anleitung geben wird. Die Destillation selbst kann am besten in einem gewöhnlichen, cylinderförmigen Dampfkessel entweder auf freiem Feuer oder durch eingeleiteten Dampf geschehen, am zweckmäßigsten aber wohl auf freiem Feuer, da dadurch die Anschaffung eines besonderen Dampferzeugers vermieden wird. Die Dämpfe kann man dann behufs der Concentration, Rectification und Dephlegmation in den aus Eisen construirten säulenförmigen Pistorius'schen Apparat leiten, oder durch jede andere Einrichtung die Abscheidung und Reinigung des Ammoniakgases bewirken und es zuletzt im gewöhnlichen, ebenfalls aus eisernen Röhren zusammengesetzten Kühlapparat verdichten, wobei man die Destillation leicht so reguliren kann, daß der Salmiakgeist von erforderlicher Concentration abfließt oder daß man das Gas in besonderen Vorlagen verdichtet.

Laming verarbeitet namentlich die Flüssigkeit, welche bei der trocknen Destillation der Knochen erhalten wird und größtentheils kohlensaures Ammoniak enthält, auf Salmiakgeist; er zersetzt sie zunächst mit Chlorcalcium. Es bildet sich unlöslicher kohlensaurer Kalk und Chlorammonium — Salmiak. Er trennt die Flüssigkeit auf irgend eine Weise von dem Niederschlage und kocht sie eine Stunde lang. Hierdurch werden alle flüchtigen und gasförmigen Verunreinigungen entfernt, die sonst bei der späteren Behandlung mit in das Ammoniak übergehen würden. Sobald die Flüssigkeit abgekühlt ist, vermischt er sie mit einer hinreichenden Menge Eisenoxydhydrat, wodurch alle Schwefelverbindungen in unlösliches Schwefeleisen verwandelt werden, dann mit Kalkhydrat, um das Ammoniak in Freiheit zu setzen, und unterwirft sie endlich der Destillation.

Ammoniaksalze oder **Ammoniumsalze.** Das trockne Ammoniakgas NH_3 ist ein Körper, der als solcher keine bestimmt basischen Eigenschaften hat. Er entsteht durch das Zerfallen einer Basis NH_4O, die nicht in freiem Zustande bestehen kann, und welche das Oxyd eines hypothetischen Radicals oder eines zusammengesetzten Metalls, des Ammoniums ist. Die sogenannten Ammoniaksalze sind daher keine Verbindungen von Säuren mit Ammoniak, sondern entweder Verbindungen von sogenannten Sauerstoffsäuren mit Ammoniumoxyd, wie $NH_4O . SO_3$ — schwefelsaures Ammoniumoxyd, oder von elektro-negativen Radicalen mit dem Metall Ammonium, wie NH_4Cl — Chlorammonium. — Wenn man irgend eins dieser Salze mit einer starken Basis, welche eine größere Affinität für die Säuren, als das Ammoniumoxyd hat, erwärmt, so zerfallen die Salze in Ammoniak und Wasser, während die Säure sich mit der vorhandenen Basis vereinigt.

Man nahm früher an, daß bei der Bildung der Ammoniaksalze nur eine einfache Aneinanderlagerung der Atome stattfände, daß das Ammoniak NH_3 sich ohne Veränderung mit Wasserstoffsäuren vereinige und dann einen Körper bilde, den man durch die allgemeine Formel NH_3HR bezeichnen kann. R bedeutet dann irgend ein negatives Radical, wie Chlor, Brom, Jod u. s. w. Dieselbe Constitution wurde den Salzen der Sauerstoffsäuren gegeben. Man glaubte, daß das Hydrat der Säuren mit dem Ammoniak eine Verbindung eingehe, und bezeichnete z. B. das schwefelsaure Ammoniak durch folgende Formel $NH_3 . HO . SO_3$. Durch die große Analogie, welche die Ammoniaksalze mit denen der Metalloxyde, wie Kali oder Natron, haben, veranlaßt, schlug Berzelius die Annahme eines hypothetischen Metalls, des Ammoniums NH_4 vor, wodurch man alle die complicirt scheinenden Verbindungen auf

den ganz gewöhnlichen Salztypus zurückführen konnte. Demnach ist das

$$\underbrace{NH_3.HO}_{\text{Ammoniak der früheren Ansicht.}} = \underbrace{NH_4O}_{\text{Ammoniumoxyd nach Berzelius.}}$$

Oder:

$$\underbrace{NH_3.HCl}_{\text{Chlorwasserstoffsaures Ammoniak.}} = \underbrace{NH_4.Cl}_{\text{Chlorammonium nach Berzelius.}}$$

Oder:

$$\underbrace{NH_3.HO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Ammoniak.}} = \underbrace{NH_4O.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Ammoniumoxyd nach Berzelius.}}$$

Betrachtet man die sogenannten Sauerstoffsäuren als Säuren, in denen ein Aequivalent Wasserstoff vertretbar ist durch ein Aequivalent eines Metalls oder eines Radicals, so lassen sich alle Ammoniaksalze auf den Typus ihrer Säure zurückführen. So bezieht sich die Chlorwasserstoffsäure auf den Typus $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$, die einbasische Salpetersäure auf den Typus $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2$, die zweibasische Schwefelsäure auf den Typus $\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$, die dreibasische Phosphorsäure auf den Typus $\left.\begin{matrix}H_3\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$. Die Säuren sind demnach:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\H\end{matrix}\right\}}_{\text{Chlorwasserstoffsäure.}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix}NO_4\\H\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Salpetersäure.}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix}\overset{''}{S_2O_4}\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure.}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix}\overset{'''}{PO_2}\\H_3\end{matrix}\right\}O_6}_{\text{Phosphorsäure.}}$$

oder die Säureradicale NO_4, S_2O_4, PO_2 sind äquivalent mit respective ein, zwei oder drei Aequivalent Wasserstoff und diese Mengen von Wasserstoff können vertreten werden durch je ein, zwei oder drei Aequivalente Metall, gleichviel ob dieses einfach ist oder ob es selbst ein aus einer Atomgruppe zusammengesetztes Radical ist. Demnach sind die den Säuren entsprechenden Ammoniumsalze:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\NH_4\end{matrix}\right\}}_{\text{Chlorammonium.}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix}NO_4\\NH_4\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Salpetersaures Ammoniak.}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix}\overset{''}{S_2O_4}\\2\,(NH_4)\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsaures Ammoniak.}} \quad \underbrace{\left.\begin{matrix}\overset{'''}{PO_2}\\3\,(NH_4)\end{matrix}\right\}O_6}_{\text{Phosphorsaures Ammoniak.}}$$

Zersetzt man diese Salze dann durch irgend eine Basis, so tritt das in derselben enthaltene Metall an die Stelle des Ammoniums, der Sauerstoff derselben verbindet sich mit einem Atom des Wasserstoffs des Ammoniums, während Ammoniak ausgeschieden wird, also:

$$\left.\begin{matrix}Cl\\NH_4\end{matrix}\right\} + CaO = \left.\begin{matrix}Cl\\Ca\end{matrix}\right\} + NH_3 + HO.$$

$$\left.\begin{matrix}NO_4\\NH_4\end{matrix}\right\}O_2 + CaO = \left.\begin{matrix}NO_4\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 + NH_3 + HO.$$

$$\left.\begin{matrix}\overset{''}{S_2O_4}\\2\,(NH_4)\end{matrix}\right\}O_4 + 2\,CaO = \left.\begin{matrix}\overset{''}{S_2O_4}\\2\,Ca\end{matrix}\right\}O_4 + 2\,NH_3 + 3\,HO.$$

$$\left.\begin{matrix}\overset{'''}{PO_2}\\3\,(NH_4)\end{matrix}\right\}O_6 + 3\,CaO = \left.\begin{matrix}\overset{'''}{PO_2}\\3\,Ca\end{matrix}\right\}O_6 + 3\,NH_3 + 3\,HO.$$

Die Atomgruppe NH_4 ist demnach äquivalent mit einem Atom Wasserstoff, indem sie wie dieses in alle Verbindungen eintritt. Es ist gleichviel, ob wir sie uns entstanden denken durch Vereinigung von Ammoniak NH_3 mit einem Atom Wasserstoff oder ob wir das Ammoniak als Spaltungsproduct des Ammoniums annehmen, in all den Salzen existirt jedenfalls kein Ammoniak, sondern das Ammonium.

Weder das Ammonium noch sein Oxyd sind für sich darstellbar, da sie augenblicklich in Ammoniak zerfallen. Trotzdem kann ihre Existenz nicht mehr bezweifelt werden und man muß jetzt sogar das Ammonium, wie das Ammoniak als Typen einer großen Classe von Körpern gelten lassen, in denen sowohl der Wasserstoff als auch der Stickstoff durch andere Körper vertreten werden können. Die einfachsten dieser Verbindungen sind die Ammonium, in welchen Wasserstoff durch äquivalente Atome der organischen Radicale Methyl C_2H_3, Aethyl C_4H_5, Amyl $C_{10}H_{11}$, Phenyl $C_{12}H_5$ ꝛc. vertreten sind. Denkt man sich das Ammonium als

$$N\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right.$$

so ist jedes der vier Atome Wasserstoff durch ein Atom der genannten Verbindungen vertretbar. Es können mithin allein mit dem Methyl folgende Körper gebildet werden:

$$N\left\{\begin{matrix}C_2H_3\\H\\H\\H\end{matrix}\right. \quad N\left\{\begin{matrix}C_2H_3\\C_2H_3\\H\\H\end{matrix}\right. \quad N\left\{\begin{matrix}C_2H_3\\C_2H_3\\C_2H_3\\H\end{matrix}\right. \quad N\left\{\begin{matrix}C_2H_3\\C_2H_3\\C_2H_3\\C_2H_3\end{matrix}\right.$$

Ebenso können in einfaches Ammonium zwei oder mehrere Radicale eintreten und Wasserstoff vertreten, so daß man die mannigfachsten Combinationen erhält, in denen immer der Typus des Ammoniums gewahrt bleibt und von denen wohl die complicirteste das Methyl-Aethyl-Amyl-Phenylammonium

$$N\left\{\begin{matrix}C_2H_3\\C_4H_5\\C_{10}H_{11}\\C_{12}H_5\end{matrix}\right.$$

ist. Diese so complicirte Atomgruppe verhält sich ebenso wie das Ammonium, sie ist mit einem Atom Wasserstoff oder Metall äquivalent und tritt wie letzteres in Salze ein. Das Oxyd dieser Verbindungen ist eine starke Base und dem Kali, Natron in allen Eigenschaften analog. Durch Zersetzungen der Salze findet ähnliche Spaltung wie bei den Ammoniumsalzen Statt, es scheidet sich dabei ein Ammoniak aus, in welchem Wasserstoff durch Radicale vertreten ist.

Es können aber nicht allein die genannten sauerstofffreien Radicale in die Verbindung eintreten, sondern auch sauerstoffhaltige wie das Acetyl $C_4H_3O_2$ ꝛc., sogar Metalle können den Wasserstoff des Ammoniums vertreten. Durch die Erkenntniß dieser Substitutionen ist die Zusammensetzung einer großen Reihe von Verbindungen leicht verständlich und erklärlich geworden.

Außer der Vertretung des Wasserstoffs kann auch die des Stickstoffs eintreten. Es ist bekannt, daß der Phosphorwasserstoff PH_3 mit Salzsäure eine salzartige Verbindung eingehe. Sehr gut kann man den Phosphorwasserstoff PH_3 als ein Ammoniak betrachten, in

welchem der Stickstoff durch Phosphor vertreten ist. Die Verbindung dieses Phosphorwasserstoffs mit Salzsäure PH_3 . HCl wird dann PH_4 Cl oder ein Salmiak, der statt Stickstoff Phosphor enthält. Auch von diesem Salmiak ist eine ganze Reihe von analogen Salzen abzuleiten, die statt Wasserstoff äquivalente Mengen anderer Radicale enthalten.

Chlorammonium oder **Salmiak**, NH_4 Cl. Der Salmiak war schon im Jahre 1410 ein Handelsartikel. Es ist indessen nicht bekannt, wozu man ihn damals verwandte. Eben so wenig besitzen wir Kenntniß von der damals gebräuchlichen Darstellungsweise in Aegypten. Im sechzehnten Jahrhundert wurden manche seiner Eigenschaften bekannt, namentlich sein Verhalten zum Scheidewasser — Salpetersäure —, mit welchem er das Königswasser bildet. Der jüngere Geoffroy war der Erste, welcher zeigte, daß er aus Salzsäure — Chlorwasserstoffsäure — und flüchtigem Alkali bestehe und daß man ihn daher in Europa darstellen könne. Ein Jesuit Sicard gab 1720 eine Beschreibung einer Salmiakfabrik, welche er zu Damayer auf dem Nil-Delta gesehen hatte. Es ist nicht genau bekannt, wann dieser Industriezweig in Europa eingeführt wurde. In den Jahren 1750 bis 1756 wurden große Fabriken zur Darstellung des Salmiaks in Schottland angelegt und ungefähr zu gleicher Zeit von Gravenhorst in Braunschweig. Schon im funfzehnten Jahrhundert entdeckte man den Salmiak in einigen Producten vulcanischer Gegenden. Man trifft ihn gewöhnlich sublimirt mit anderen flüchtigen Körpern in den Spalten der Lava des Vesuv, des Aetna, auf der Insel Volcano und in den Solfataren bei Neapel. Kleine Mengen sind auch in der Nähe brennender Kohlenlager gefunden worden, z. B. bei St. Etienne in Frankreich, in Schottland und bei Newcastle. In der Bucharei kommt eine Sorte von weißlich-grauer Farbe und muschligem Bruche vor. Der natürliche Salmiak ist gewöhnlich dicht, von faseriger Textur, manchmal federartig, in Rinden oder in kleinen oktaëdrischen Krystallen. Seine Farbe ist in reinem Zustande weiß, sonst graulich oder gelblich; er ist manchmal durchscheinend, manchmal undurchsichtig; äußerlich rauh oder glänzend, auf dem Bruche faserig oder glasig. Er hat einen scharfen, salzigen Geschmack, ist leicht löslich in Wasser, zieht aber keine Feuchtigkeit aus der Luft an. Der reine Salmiak verflüchtigt sich vollkommen in der Hitze mit weißen Dämpfen und giebt beim Reiben mit Aetzkalk einen starken Ammoniakgeruch.

Zwei Exemplare des natürlichen Salmiaks vom Vesuv und aus der Bucharei hatten nach Klaproth folgende Zusammensetzung:

	Vesuv.	Bucharei.
Chlorammonium	99,5	97,5
Schwefelsaures Ammoniak	0,5	2,5
	100,0	100,0.

Man kann das Chlorammonium einfach durch Neutralisation von Chlorwasserstoffsäure mit Ammoniak darstellen, oder indem man einen Strom von Ammoniakgas in die Säure leitet, bis sie neutrale Reaction zeigt, dann die Lösung verdampft und das Salz zur Krystallisation bringt.

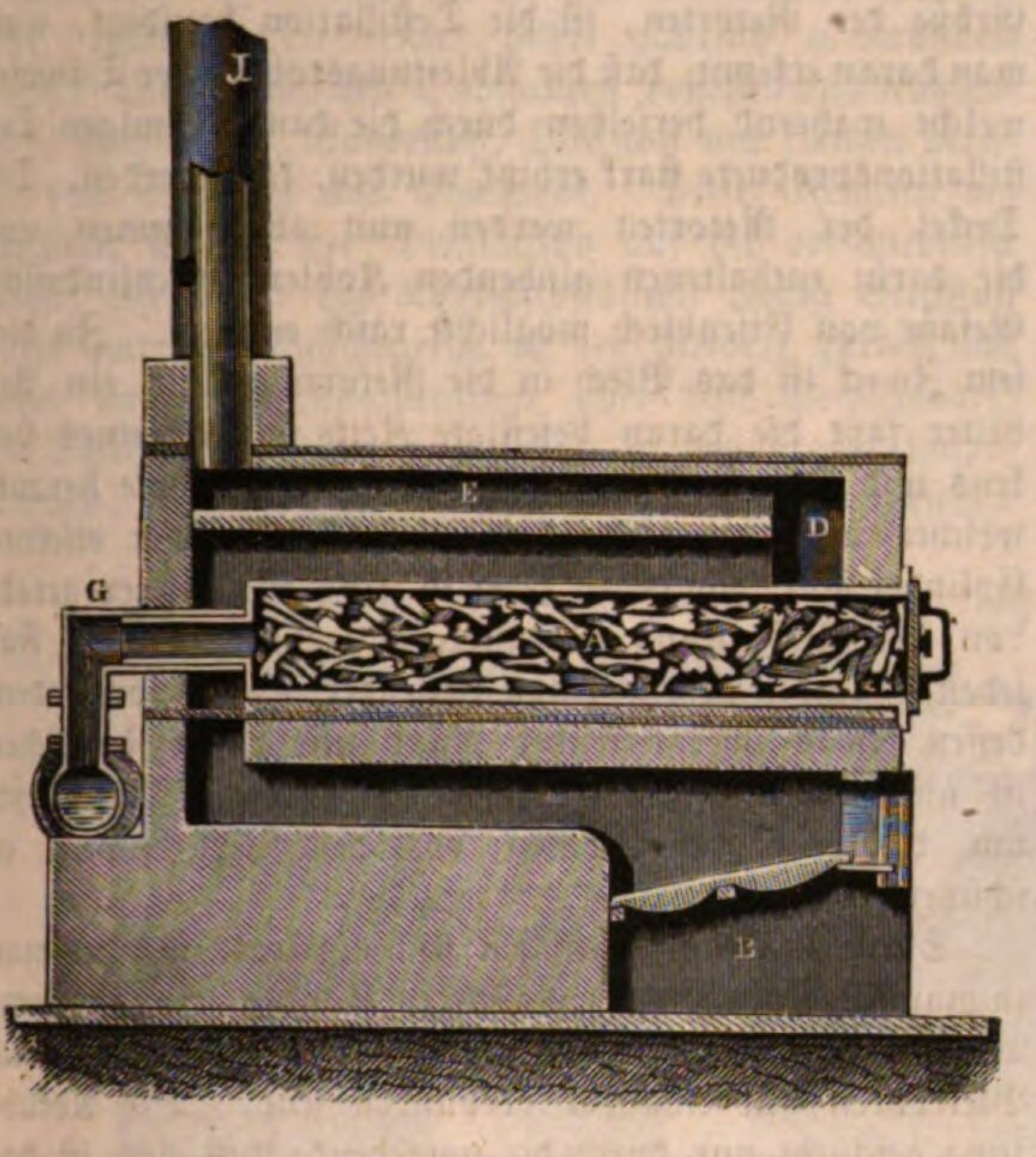
Der Hauptplatz zur Gewinnung des Salmiaks war von dem dreizehnten bis zur zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts Aegypten, von wo aus alle europäischen Märkte ihre Zufuhren erhielten. Man stellte ihn dort aus dem bei der Verbrennung des Kameelmistes, des einzigen Brennmaterials der dortigen Gegenden, sich absetzenden Ruße dar. Man strich die Excremente an Mauern, um sie von den glühenden Strahlen der Sonne austrocknen zu lassen, und brannte sie in Oefen. Dabei wurde ein dicker Rauch gebildet, der sehr reich an Salmiak war. Der Ruß wurde vorsichtig gesammelt und dann an die Salmiakfabriken abgeliefert, welche ihn der Sublimation unterwarfen. Die erste genaue Beschreibung einer solchen Anstalt kam durch Lemère, welcher 1770 französischer Consul in Kairo war, nach Europa. Der Ruß wurde in große Glasflaschen, welche auswendig mit Lehm beschlagen waren, damit sie die Hitze besser ertrügen, gethan, und diese auf solche Weise in einen Ofen eingesetzt, daß nur der untere Theil von der Hitze getroffen wurde, während der obere frei blieb. Die Flaschen waren rund, hatten einen Durchmesser von 1½ Fuß und einen Hals von 2 Zoll Länge. In jede wurde 40 Pfd. Ruß gebracht, wodurch sie bis zu 4 Zoll vom Halse gefüllt wurden. Man gewann aus dieser Quantität 6 Pfd. Salmiak. Zur Heizung wurde ebenfalls trockner Mist angewandt. Nach 24 Stunden begann die Sublimation, wobei ein Arbeiter seine ganze Aufmerksamkeit darauf richten mußte, den Hals der Flaschen offen zu halten, damit die nicht verdichtbaren Dünste einen Ausweg behielten. Diese würden sonst unfehlbar die Apparate zersprengt haben. Gegen Ende der Operation erhitzte man den Boden der Flasche bis zur schwachen Rothgluth, um den Rest des Salmiaks in die Höhe zu treiben. Nach Verlauf des dritten Tages entfernte man das Feuer, nahm die Flaschen, sobald sie erkaltet waren, aus dem Ofen, zerbrach sie, nahm das Salz, welches sich in Form eines festen Kuchens oben angesetzt hatte, heraus und brachte es in dieser Form in den Handel. Unter dem Kuchen fand man stets eine gewisse Menge Salmiak in Gestalt eines feinen Pulvers, dieses wurde mit frischem Ruß gemengt und bei einer folgenden Operation verwandt. Durch diese unvollkommene Art der Sublimation müssen nothwendiger Weise große Mengen Salmiak verloren gegangen sein.

Geoffroy führt an, daß der Salmiak auch von Indien importirt wurde und daß man ihn dort in weit größeren Quantitäten darstellte, wie in Aegypten. Er kam von dort in Massen, welche die Form unserer heutigen Zuckerbrode hatten und ungefähr 15 Pfd. wogen. Sie bestanden aus drei verschiedenen Lagen, deren obere gewöhnlich unrein war und daher abgeschnitten wurde. Der ägyptische und indische Salmiak war eine glanzlose, schwammige und grau gefärbte Masse und bei weitem unreiner, als das jetzige Product. Er wurde indessen damals mehr als sechsmal so theuer bezahlt, wie heute der schönste reinste Salmiak.

Die erste Quelle der Ammoniakgewinnung in Europa waren die Oelkuchen, oder der feste Rückstand, welchen man in Oelmühlen erhält, nachdem das Oel aus dem Samen ausgepreßt ist. Man ließ sie entweder erst die

Fäulniß erleiden oder unterwarf sie direct der trocknen Destillation. In England wandte man einst den beim Brennen der Pechkohle abgeschiedenen Ruß an. Die Pechkohle liefert bei der trocknen Destillation große

Fig. 101.

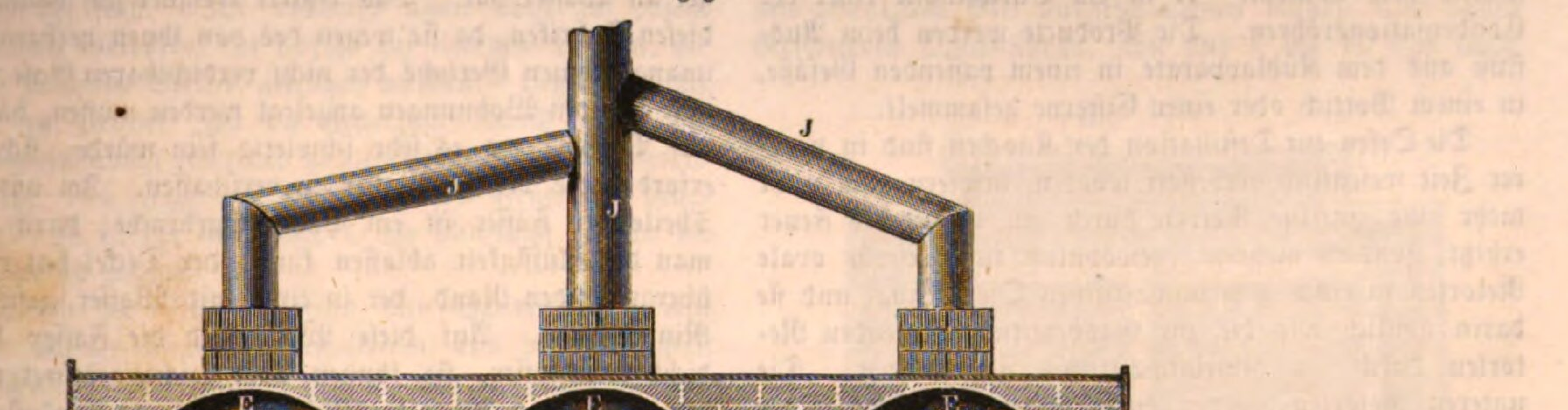


Mengen von Ammoniak. Sie wurde zuerst in Frankreich in einer Fabrik angewandt, welche unter Beaumé's Leitung stand. Darauf fing man an, den gefaulten Harn zur Ammoniakgewinnung zu benutzen, unter anderen Orten z. B. in Wien. Jetzt wird das Ammoniak entweder durch Destillation der Steinkohlen oder Knochen dargestellt. Wir wollen zuerst die Destillation der Knochen betrachten, welche namentlich in Deutschland und Frankreich ausgeführt wird. Fig. 101, 102 und 103 stellen die Retorten und Oefen dar, welche in Frankreich zu diesem Zwecke angewandt werden.

Fig. 101 ist ein Längendurchschnitt der Retorte *A*, welche die Knochen enthält, und zeigt die Richtung des Feuerzuges, durch welchen sie erhitzt wird. Die Feuerung geschieht bei *B*, der Zug bestreicht dann erst den unteren Theil der Retorte, darauf den oberen. Wenn er bei *D* ankommt, muß er noch einmal wieder umkehren, durch das Gewölbe *E* gehen und kann dann erst in den Schornstein *J* entweichen. Die dampfförmigen Producte der Destillation finden ihren Ausweg durch die Röhre *G* und werden durch diese in einen Condensationsapparat geleitet.

Fig. 102 ist ein Querdurchschnitt der Retorten und Oefen, der zu der vorigen Zeichnung in einem rechten Winkel steht. *AAA* sind die Retorten, *BBB* die Feuerungen, welche unter den Retorten liegen, das Feuer ist indessen durch ein steinernes Gewölbe verhindert, die Retorten zu berühren. Die Figur zeigt außerdem die Feuerzüge deutlicher. Der Rauch und die heiße Luft gehen zuerst durch *CC*, erwärmen dort die Seiten der Retorten, dann durch *DD* und *EE* und entweichen endlich durch den Fuchs *J* in den Hauptschornstein. An der Ableitungsröhre, durch welche die Dämpfe aus den Retorten ihren Weg nehmen müssen, ist ein Sicherheitsventil angebracht, welches sich öffnet, sobald im Appa-

Fig. 102.

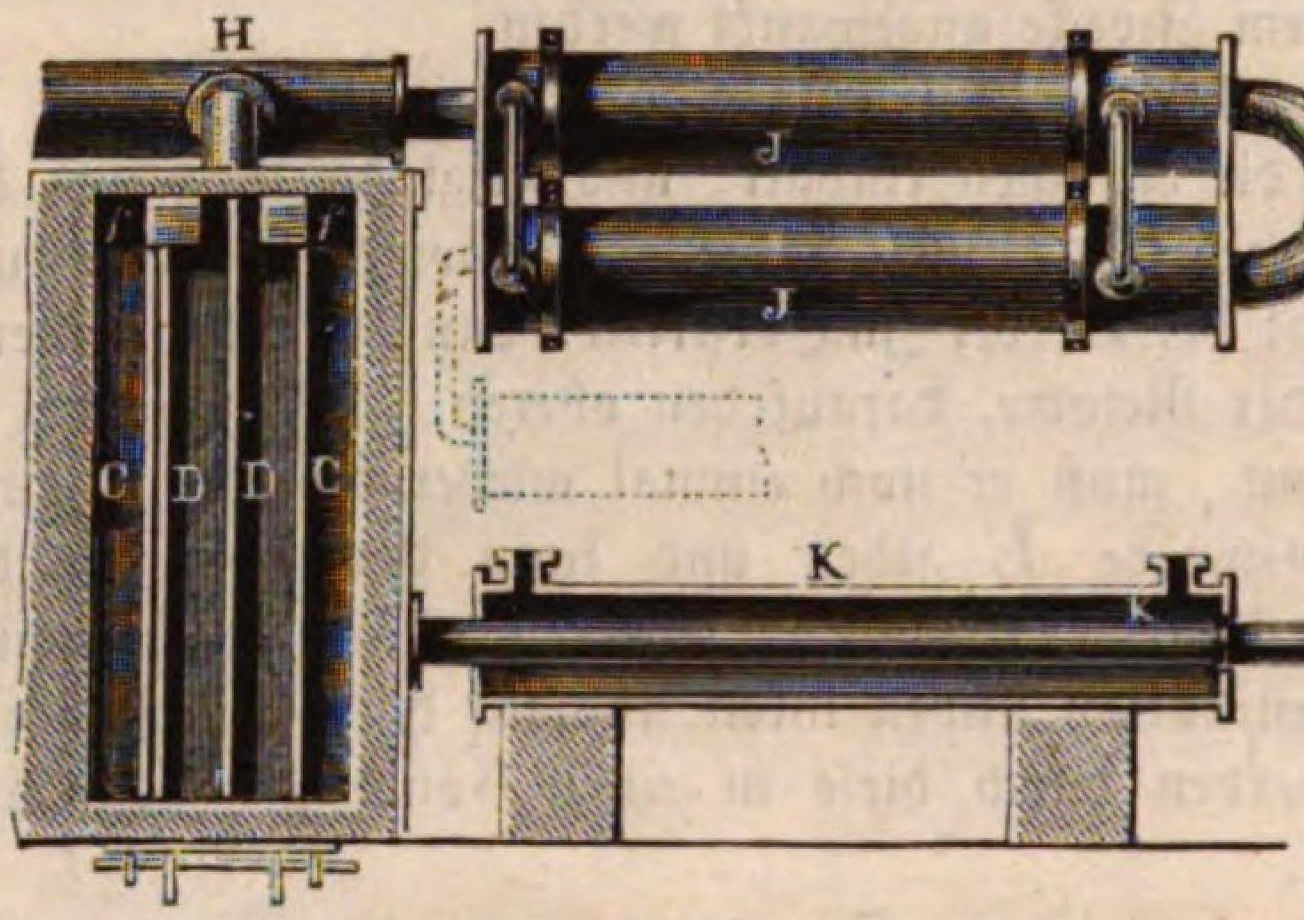


rate ein Druck, der durch die Verstopfung der Röhren verursacht wird, entsteht, da sonst die Retorten zersprengt werden würden. Dieser Fall tritt gar nicht sehr selten ein. Denn da nicht nur flüssige, sondern auch feste Producte entstehen, nämlich kohlensaures Ammoniak u. s. w., so ereignet es sich manchmal, daß letztere in überwiegender Menge gebildet werden und nicht Wasser genug vorhanden ist, um das Ammoniaksalz zu lösen.

Dieses sublimirt dann in die Röhren und veranlaßt, wenn man keine Sicherheitsapparate hat, Explosionen. Eines dieser Ventile ist in Fig. 102 durch K angedeutet.

Fig. 103 giebt einen horizontalen Durchschnitt der Feuerzüge, welche die Retorte umgeben, einen Durchschnitt einer Condensationsröhre, und eine obere Ansicht eines Theiles des Kühlapparats.

Fig. 103.



Bei den Feuerzügen bezeichnen die Buchstaben dieselben Theile, wie in den vorigen Figuren, man sieht hier die Verbindung von D und C durch f. Die Dämpfe entweichen durch H und gelangen dann in die Condensationsröhren JJ. Diese sind schwach geneigt, um den abgekühlten Producten einen Abfluß zu gestatten, und bestehen aus der eigentlichen Kühlröhre und einem weiteren mit Wasser gefüllten Rohre, in welchem erstere liegt. In das unterste Rohr tritt kaltes Wasser ein, gelangt durch die Verbindungsröhren aus dem unteren in das unmittelbar über diesem liegende und steigt bis in das oberste, wo es dann fast siedend heiß abfließt. K ist ein Durchschnitt einer der Condensationsröhren. Die Producte werden beim Ausfluß aus dem Kühlapparate in einem passenden Gefäße, in einem Bottich oder einer Cisterne gesammelt.

Die Oefen zur Destillation der Knochen sind in neuerer Zeit wesentlich verbessert worden, insofern man nicht mehr eine einzelne Retorte durch ein besonderes Feuer erhitzt, sondern mehrere, gewöhnlich fünf eiserne ovale Retorten in einen gemeinschaftlichen Ofen bringt und sie darin ähnlich wie die zur Gasbereitung dienenden Retorten durch ein gemeinschaftliches Feuer heizt. Die unteren Retorten werden durch flache Gewölbe vor der unmittelbaren Einwirkung der Stichflamme geschützt und werden erst direct von der Flamme berührt, nachdem diese durch einen Zug unter der Länge der Retorten hergezogen ist und dann die Oberfläche derselben berührt.

Die Retorten haben eine Länge von 8 bis 10 Fuß, ihr größerer Durchmesser beträgt $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß, der kleinere Durchmesser, in verticaler Richtung gemessen, $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Fuß. Sie sind an ihrer Hinterwand verschlossen, vorn werden sie nach dem Füllen durch einen Deckel mit Bügelschraube geschlossen. Von jeder Retorte geht vorn ein weites eisernes Rohr zu einer gemeinschaftlichen Vorlage, in der sich der größte Theil der Flüssigkeit condensirt und von wo die noch heißen Dämpfe in den Kühlapparat geleitet werden.

Zunächst erhitzt man die Retorten zum vollen Rothglühen, schiebt dann ein starkes Eisenblech, welches etwas kleiner als die innere Weite der Retorte und an einer Eisenkette befestigt ist, hinein und füllt sie ganz mit Knochen an. Die Destillation beginnt sofort, das Feuer wird darauf verstärkt, um die nöthige Hitze, welche durch die Füllung etwas verringert wurde, wieder zu erreichen. Nach Ablauf einiger Stunden, je nach der Größe der Retorten, ist die Destillation beendigt, was man daran erkennt, daß die Ableitungsröhren der Dämpfe, welche während derselben durch die dampfförmigen Destillationsproducte stark erhitzt wurden, kalt werden. Die Deckel der Retorten werden nun abgenommen und die darin enthaltenen glühenden Kohlen in cylindrische Gefäße von Eisenblech möglichst rasch entleert. Zu diesem Zweck ist das Blech in die Retorte gestellt, ein Arbeiter faßt die daran befestigte Kette mittelst eines Hakens und zieht so den ganzen Inhalt der Retorte heraus, welcher über ein gebogenes Eisenblech in die eisernen Cylinder fällt, von denen jeder so groß ist, daß er gerade von der Beschickung der Retorte gefüllt wird. Für jeden Cylinder ist ein genau passender Deckel vorhanden, dessen etwas übergreifender Rand mit Lehm bestrichen ist und somit den Kohlenbehälter luftdicht verschließt, um die glühenden Kohlen vor der Verbrennung zu schützen.

Statt des röhrenförmigen Kühlapparats wendet man in manchen Fabriken einen anderen Condensationsapparat an, nämlich eine Reihe von Fässern, die durch weite Bleiröhren mit einander verbunden sind. Die Abkühlung geschieht nur durch die umgebende Luft und ist daher nicht so vollständig. Diese Einrichtung ist aber für einen kleinen Betrieb ganz geeignet und läßt sich sehr gut in Fabriken anwenden, wo man zwar hinreichend Raum, um einen solchen Apparat aufzustellen, aber Mangel an Wasser hat. Das letztere ereignet sich häufig in diesen Fabriken, da sie wegen des von ihnen verbreiteten unangenehmen Geruchs der nicht verdichtbaren Gase fern von anderen Wohnungen angelegt werden müssen, häufig auf Bergen, wo es sehr schwierig sein würde, sich die erforderliche Menge Wasser zu verschaffen. Im unteren Theile der Fässer ist ein Hahn angebracht, durch den man die Flüssigkeit ablassen kann; der Deckel hat einen übergreifenden Rand, der in einer mit Wasser gefüllten Rinne ruht. Auf diese Weise sind die Fässer luftdicht verschlossen, sie können aber leicht geöffnet werden, und man ist namentlich dadurch vor Explosionen geschützt. An den Seiten und den Deckeln setzt sich stets mehr oder weniger festes Ammoniaksalz an und verstopft auch häufig die Röhren. Man muß dieses daher oft entfernen, und sich namentlich überzeugen, ob den Dämpfen kein Hinderniß in den Röhren im Wege liegt.

Der bei der trocknen Destillation der Knochen stattfindende Proceß ist einer derjenigen, welchen wir bis jetzt noch nicht erklären können, theils weil wir die wirkliche Constitution der Substanzen, aus welcher die Knochen bestehen, nicht kennen, theils weil die entstehenden Producte noch nicht genau genug studirt sind. Dann aber auch, weil sich überhaupt noch gar keine Gesetze für die Veränderungen, welche in organisirten Substanzen durch Hitze hervorgerufen werden, aufstellen lassen. Die Knochen bestehen im Wesentlichen aus drei

verschiedenen Substanzen, der **Knochenerde**, welche basisch phosphorsaurer Kalk ist, dem **Knochenmark** und aus **Knorpelsubstanz**. Die erstere ist unorganisch und dient nur als Gerüst oder Haltpunkt für die beiden letzteren. Diese bilden den organischen und organisirten Theil und werden bei der Destillation zersetzt, während die erstere dabei gänzlich unverändert bleibt. Die organischen Substanzen bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und kleinen Mengen von Schwefel und Phosphor. Diese Elemente arrangiren sich bei der Destillation auf die verschiedenste Weise, ein Theil des Kohlenstoffs mit wenig Stickstoff bleibt mit der Knochenerde in der Retorte zurück und bildet dann die Knochenkohle oder das Beinschwarz. Die Destillationsproducte zerfallen in drei große Hauptgruppen, eine wäßrige Lösung, welche vorzugsweise kohlensaures Ammoniak enthält, eine ölige Flüssigkeit, vorzugsweise Kohlenwasserstoffe der verschiedensten Art und geringe Mengen eigenthümlicher organischer Basen enthaltend, und Gase, als verschiedene Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff ꝛc. Die Lösung des kohlensauren Ammoniaks sinkt in den Behältern, in denen die Destillationsproducte aufgefangen werden, zu Boden und über ihr schwimmt eine schwarz gefärbte ölige Schicht, das sogenannte rohe thierische Oel.

Zur Gewinnung des Salmiaks entfernt man zuerst die Oele auf irgend eine mechanische Weise, neutralisirt das Alkali durch Salzsäure, wodurch die Kohlensäure ausgetrieben wird, und bringt dann die Lösung in Abdampfpfannen, um sie zu concentriren.

Fig. 104 stellt eine Reihe solcher Pfannen, wie sie gewöhnlich in Frankreich angewandt werden, dar.

Fig. 104.



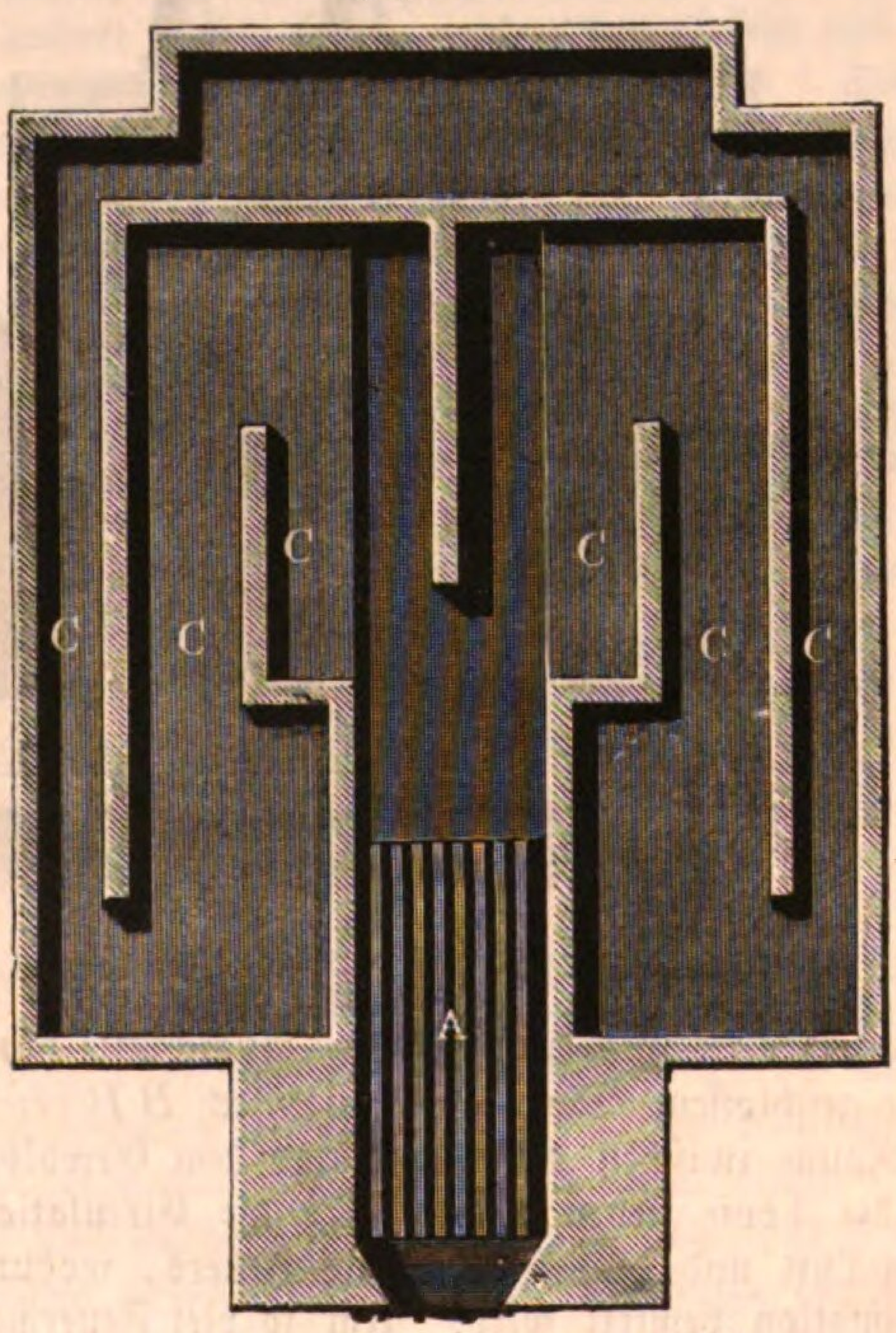
AA sind die Feuerungen. *BB* die Zuglöcher und Aschenfälle und *CCCC* die Pfannen, welche 9 Fuß lang und breit, 18 Zoll tief und aus gewalztem Blei angefertigt sind. Ihr vorderer Theil ruht auf einem steinernen Gewölbe, der übrige auf eisernen Platten, die durch steinerne Pfeiler getragen werden. Letztere bilden dann zu gleicher Zeit die Feuerzüge, durch welche die Hitze gleichmäßig unter den ganzen Pfannen vertheilt wird.

Fig. 105 zeigt die Richtung der Feuerzüge deutlicher. *A* ist der Rost und *C* die Richtung, welche die Flamme zu nehmen hat.

Durch die Neutralisation mit Säuren wird eine große Menge öliger Unreinigkeiten aus der Flüssigkeit abgeschieden; diese müssen vor der Verdampfung entfernt werden. Solches geschieht am einfachsten durch Filtration. Man bedient sich dazu hölzerner viereckiger Kasten, die mit einem falschen Boden versehen sind. Dieser ist mit grober Leinwand bespannt und paßt genau in den Kasten. Ehe man die Flüssigkeit in den Kasten bringt, feuchtet man das Tuch vollständig mit Wasser an und richtet den Abfluß so ein, daß der Kasten wo möglich während der Filtration ganz gefüllt ist. Dann werden verhältnißmäßig wenig Unreinigkeiten durch das Filter gehen. Um die Klärung vollständiger zu erreichen, wiederholt man den Proceß mehrere Male, doch so, daß das erste Filter stets für die rohe Lauge bleibt, das zweite für die, welche von dem ersten Filter abgelaufen ist u. s. w.

Die klare Lauge bringt man in die Abdampfpfannen und concentrirt sie darin so weit, bis eine kleine Probe derselben, welche man mittelst eines Glasscherbens herausnimmt, nach dem Abkühlen krystallisirt, oder das so charakteristische Salzhäutchen sich zeigt. Sobald dieses eintritt, läßt man die siedend heiße Lauge in die Krystallisationsgefäße fließen. Diese bestehen aus hölzernen mit gewalztem Blei ausgeschlagenen Kasten und haben verschiedene Dimensionen. Sie sind 6 bis 10 Fuß lang,

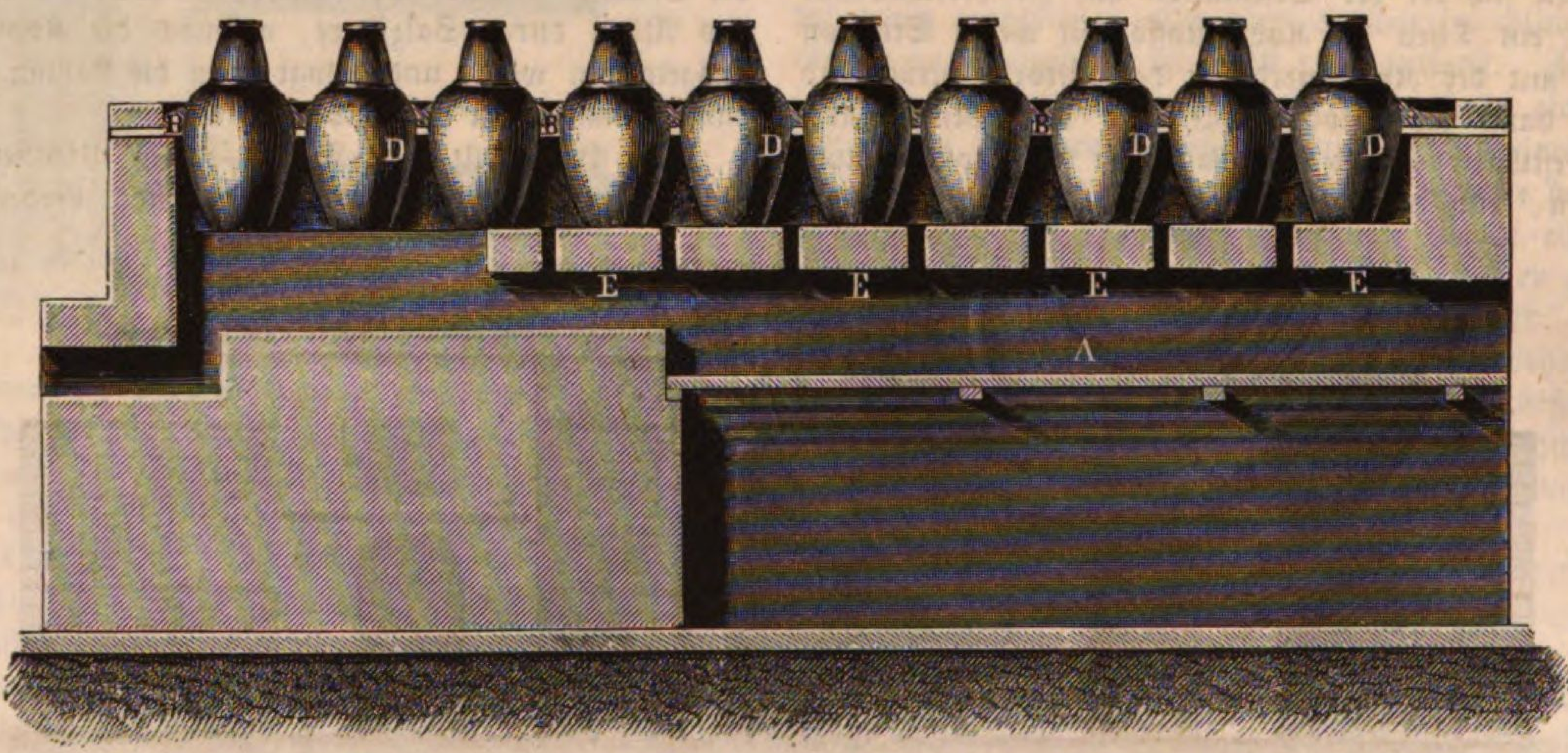
Fig. 105.



3 bis 6 Fuß breit und $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß tief. Die Krystallisationsgefäße — Schiffe — haben an der einen Seite ein Loch, welches durch einen hölzernen Zapfen dicht verschlossen werden kann. Nach beendigter Krystallisation wird dieses geöffnet und die Mutterlauge in ein darunter gestelltes Gefäß abgelassen. Um die Entfernung der Mutterlauge möglichst vollständig zu bewirken, neigt man das Schiff in der Richtung der Ausflußöffnung. Die Mutterlauge wird in die Pfannen zurückgebracht, um von Neuem concentrirt zu werden. Zur Fortschaffung der Laugen bedient man sich gewöhnlich Pumpen, die aus Blei, mit einem Zusatze von Antimon und Zinn, gegossen sind.

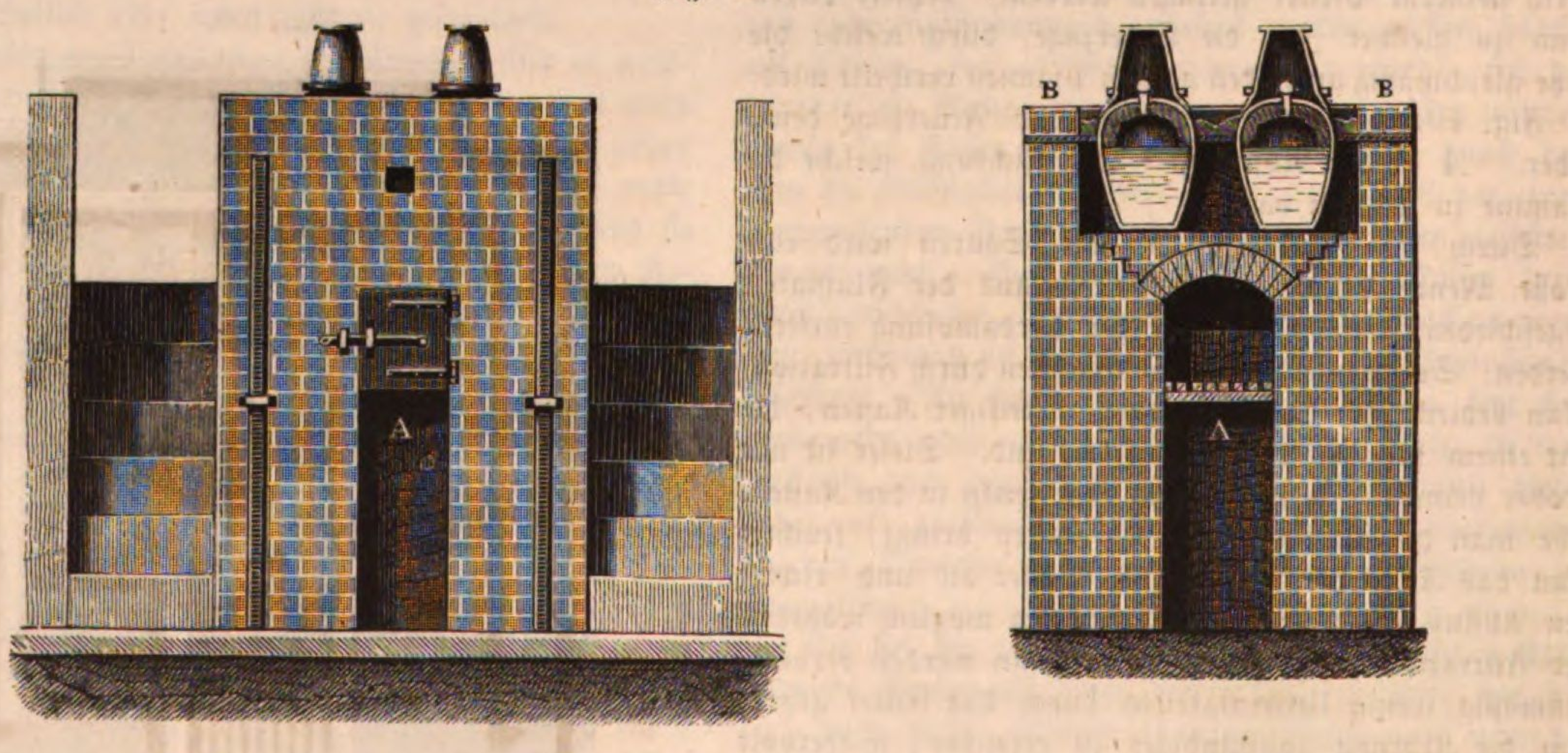
Die Salmiakkrystalle werden dann der Sublimation unterworfen. Die zu diesem Zwecke angewandten Apparate sind Fig. 106 und 107 dargestellt.

Fig. 106.



Die Sublimationsgefäße sind Töpfe von Steingut, welche in zwei Reihen auf einem Gewölbe über dem Feuer *A*, wodurch sie erhitzt werden, stehen. Der Längendurchschnitt des Ofens Fig. 106 zeigt eine Reihe der Töpfe. Zwischen je zwei von ihnen ist ein runder Einschnitt in dem Gewölbe, wodurch die heiße Luft und der Rauch mit den Töpfen in Berührung kommen und sie so erhitzen. Sie stehen bis an den

Fig. 107.



Hals in dem Ofen. Oben wird durch eine eiserne Platte, welche jedem Topfe entsprechende Ausschnitte hat, das Ganze geschlossen. Diese Platte ist durch *BB* bezeichnet. Der Raum zwischen der Platte und dem Gewölbe, auf dem die Töpfe stehen, bleibt für die Circulation der heißen Luft und der Flamme des Feuers, wodurch die Sublimation bewirkt wird. Um so viel Feuermaterial als möglich zu ersparen, bringt man gewöhnlich hinter dem Sublimationsofen eine eiserne Pfanne an, in der man den krystallisirten Salmiak trocknet, indem der aus dem Ofen entweichende Rauch erst unter dieser Pfanne circuliren muß, ehe er in den Schornstein gelangt. Das völlige Austrocknen des Salmiaks ist ein Hauptbedingniß zu einer guten Sublimation, denn man wird nie eine

schöne feste Kruste erhalten, wenn man feuchtes Salz in die Töpfe bringt. Außerdem kann man kaum das Bersten der Töpfe in diesem Falle vermeiden, da bald eine Kruste die obere Oeffnung verschließen wird. Wenn man sie auch häufig mit einem rothglühenden Stabe öffnet, so tritt doch leicht eine solche Spannung der Wasserdämpfe ein, daß diese den Topf zersprengen. Nach beendeter Sublimation läßt man den Ofen erkalten, entfernt die eiserne Platte *B*, hebt die Töpfe heraus, zerschlägt sie und nimmt den Salmiakkuchen heraus.

Die Töpfe haben sehr verschiedene Dimensionen. Die am häufigsten angewandten sind 18 Zoll hoch. Der größte Durchmesser des Topfs beträgt 16 Zoll, die Höhe der Hüte, welche über die Töpfe gestülpt werden, ist 10 bis 12 Zoll.

Die folgenden Zahlen zeigen die Ausbeute an Ammoniaksalzen aus Knochen und sonstigen Materialien, sie sind dem Arbeitsbuche einer bedeutenden französischen Fabrik entnommen:

935,080	Ctnr.	Knochen,
600	„	Seideabfälle und altes Leder,
230	„	Schwefelsäure,
1600	„	Kochsalz,
55	„	Gips

lieferten:

48,000	Ctnr.	Knochenkohle,
880	„	Salmiak,
2000	„	schwefelsaures Natron,
80	„	Salmiakgeist,
500	„	schwefelsaures Ammoniak.

Das Thieröl war dort nicht zu verwerthen und ist deshalb nicht mit aufgeführt.

Ueberall da, wo man Salzsäure zu seiner Verfügung hat oder dieselbe zu entsprechendem Preise beziehen kann, ist die Zersetzung des kohlensauren Ammoniaks mit Salzsäure die einfachste Methode zur Darstellung des Salmiaks, sie wird daher jetzt auch fast ausschließlich angewandt. Um aber die Kosten der Säure zu ersparen, hat man noch verschiedene andere Methoden eingeführt, die zwar dasselbe erreichen lassen, aber nur auf Umwegen zum Ziele führen. Man kann das kohlensaure Ammoniak mit solchen Salzen zersetzen, deren Verbindungen mit Kohlensäure unlöslich sind, als z. B. mit Chlorcalcium oder Manganchlorür. Das Chlorcalcium wird in chemischen Fabriken bei manchen Operationen als Nebenproduct gewonnen, bei der Entwicklung der Kohlensäure, bei der Bereitung des Salmiakgeists, des Chloroforms rc., das Manganchlorür ist ein werthloses Nebenproduct der Chlorentwicklung, beide sind daher häufig zu benutzen. Man fügt dann zu einer dieser Lösungen so viel von dem rohen kohlensauren Ammoniak, bis die Flüssigkeit schwach alkalisch reagirt. Es scheidet sich dabei unlöslicher kohlensaurer Kalk oder kohlensaures Manganoxydul aus, während Salmiak in Lösung bleibt. Nachdem der Niederschlag sich vollständig abgesetzt hat, zieht man die Salmiaklösung mittelst eines Hebers ab, wäscht den Niederschlag mit Wasser und verdampft die Flüssigkeit in Bleipfannen zur Krystallisation. Während der Verdampfung fügt man eine geringe Menge Salzsäure hinzu, so daß die Lösung gerade schwach sauer wird. Es werden dadurch eine Menge theerartiger Substanzen, welche in der alkalischen Flüssigkeit gelöst waren, abgeschieden, diese entweichen zum Theil mit den Wasserdämpfen, zum Theil können sie leicht von der Oberfläche der Flüssigkeit abgeschöpft werden. Dieses Verfahren hat den Nachtheil, daß man durch das Auswaschen des Niederschlags sehr verdünnte Flüssigkeiten erhält, und es ist in vielen Fällen fraglich, ob die Kosten der Verdampfung nicht größer sind, als der Werth der sonst anzuwendenden Salzsäure.

Bei einer neuen von Gentele empfohlenen Methode zur Darstellung des Phosphors erhält man eine Lösung von phosphorsaurem Kalk in Salzsäure; zersetzt man diese mit dem rohen kohlensauren Ammoniak, so fällt neutraler phosphorsaurer Kalk nieder, der weiter auf Phosphor verarbeitet wird, während Salmiak in Lösung bleibt. Man wäscht den Niederschlag aus und verdampft die Flüssigkeit.

Endlich kann man den Salmiak indirect durch Zersetzung des schwefelsauren Ammoniaks mit Kochsalz darstellen, wobei man die Schwefelsäure des in der Natur in großen Mengen vorkommenden Gipses verwerthet. Man zersetzt zu dem Zweck das rohe kohlensaure Ammoniak, indem man es mehrere Male durch Lagen von gröblich gemahlenem schwefelsaurem Kalk fließen läßt. Der Gips ist in 3 bis 4 Zoll dicken Lagen auf Filtern ausgebreitet. Letztere sind auf dieselbe Weise construirt wie die, welche wir oben beim Klären der Salmiaklauge beschrieben haben. Die Kasten, in denen sie sich befinden, sind außerdem mit einem gut schließenden Deckel versehen, da man sonst einen Verlust erleiden könnte, indem das kohlensaure Ammoniak sehr leicht aus Flüssigkeiten abdunstet. Die Zersetzung ist aber nach der ersten Filtration noch nicht vollständig, weshalb man eine Reihe von Filtern haben muß. Man kann die Flüssigkeiten entweder durch eine Pumpe aus einem Kasten in den anderen bringen, oder man kann die Filter terrassenförmig aufstellen und die Flüssigkeit direct von dem einen auf das andere fließen lassen, wodurch man sehr viel Arbeit erspart und auch weniger Verlust erleidet. Der Gips dient nicht allein zur Bildung des schwefelsauren Ammoniaks, sondern auch zur Klärung der Flüssigkeit. Er wird daher bald untauglich werden: einestheils weil er in kohlensauren Kalk verwandelt wird, anderentheils aber auch, weil sich alle Unreinigkeiten darin sammeln. Man muß ihn daher häufig durch neuen ersetzen. Ehe man ihn aber aus den Filtern nimmt, wäscht man ihn mit Wasser aus, um das schwefelsaure Ammoniak, mit welchem er durchdrungen ist, zu gewinnen. Der Rückstand ist ein treffliches Düngmittel auf kalkarmem Boden. Die von dem letzten Filter abfließende Lauge hat immer noch eine schwach alkalische Reaction, ein Zeichen, daß noch nicht alles kohlensaure Ammoniak zersetzt ist. Man fügt deshalb noch so viel Schwefelsäure hinzu, daß die Flüssigkeit blaues Lackmuspapier schwach roth färbt. Diese Prüfung muß man nie unterlassen, da man sonst manchmal einen bedeutenden Verlust erleidet, indem beim Abdampfen alles Ammoniak, welches nicht an Schwefelsäure gebunden ist, verloren geht. Die Flüssigkeit wird dann verdampft. Da durch die Neutralisation manche ölige und theerartige Verbindungen abgeschieden werden, die beim Verdampfen an die Oberfläche kommen, so

wird fortwährend abgeschäumt, um die Lösung so rein wie möglich zu erhalten. Wenn die Lauge ein specifisches Gewicht von 1,160 zeigt, nimmt man eine kleine Menge aus der Pfanne, bestimmt das Volum derselben mittelst eines graduirten Gefäßes, verdampft sie bei gelinder Wärme zur Trockne und wägt den Rückstand. Man kennt dann den Procentgehalt der Lösung, bestimmt darauf das Volum der Flüssigkeit in der Pfanne und erfährt so, wie viel schwefelsaures Ammoniak man hat. Darauf fügt man unter fortwährendem Umrühren eine entsprechende Menge Kochsalz hinzu. Man braucht natürlich diesen Versuch nur einmal auszuführen, denn wenn man den Gehalt der Lösung bei einem gewissen specifischen Gewicht kennt, wenn man ferner die Länge und Breite der Pfanne weiß, so braucht man nur die Tiefe der Flüssigkeit zu bestimmen, sobald sie das bekannte specifische Gewicht erreicht hat, um die Menge des erforderlichen Kochsalzes berechnen zu können. Das schwefelsaure Ammoniak und das Kochsalz — Chlornatrium — zersetzen sich gegenseitig und bilden Chlorammonium — Salmiak — und schwefelsaures Natron — Glaubersalz — nach folgender Formel:

$$\underbrace{NH_4O.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Ammoniak.}} + \underbrace{NaCl}_{\text{Kochsalz.}} = \underbrace{NH_4Cl}_{\text{Salmiak.}} + \underbrace{NaO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Natron.}}.$$

Beide Salze werden im ferneren Verlaufe der Verdampfung von einander getrennt. Das schwefelsaure Natron ist in einer concentrirten Salmiaklösung, namentlich bei Siedhitze, sehr schwer löslich und scheidet sich in kleinen Krystallen in wasserfreiem Zustande aus, während der Salmiak in Lösung bleibt. Man wird bald bemerken, daß an der Oberfläche der siedenden Flüssigkeit Krystalle anfangen zu erscheinen. Dann erhält man die ganze Lauge durch Umrühren mit hölzernen Spateln oder Schaufeln in Bewegung, da die Krystalle sich sonst an der Oberfläche zu einer Kruste vereinen und so die Verdampfung verhindern würden. Durch die Bewegung fallen sie aber auf den Boden der Pfanne und können von Zeit zu Zeit entfernt werden. Man wirft sie in Körbe, welche über der Pfanne stehen, damit die abtropfende Lauge wieder in die Pfanne zurückfließen kann. Das schwefelsaure Natron wird mit etwas kaltem Wasser abgewaschen, um den anhängenden Salmiak zu entfernen, und ist dann nach einmaliger Umkrystallisation zu allen Zwecken, zu welchen man Glaubersalz benutzt, anwendbar oder läßt sich unmittelbar zur Sodafabrikation gebrauchen. Nach einiger Zeit erscheint an der Oberfläche der Lauge statt der Glaubersalzkrystalle eine irisirende Salzhaut. Sobald man diese beobachtet, läßt man die Flüssigkeit in die Krystallisationsgefäße abfließen. Die Krystallisation erfordert je nach der Größe der Gefäße und der Temperatur der Luft eine kürzere oder längere Zeit. Sie ist aber gewöhnlich in 24 bis 36 Stunden vollendet. Man wird dann die Schiffe mit einer Masse von federförmigen Krystallen, die eine Congregation von unzähligen kleinen Oktaëdern sind, angefüllt finden. Die Mutterlauge wird dann abgelassen und zu einer neuen Operation verwendet. Die Krystalle werden in ein trichterförmiges Gefäß gebracht, um die Mutterlauge so vollständig wie möglich abziehen zu lassen. Sie werden darauf zuerst mit einer Lösung von Salmiak und endlich noch mit etwas kaltem Wasser gewaschen. Der Salmiak wird zum Trocknen in einen Ofen gebracht und, nachdem dieses geschehen, in die Töpfe eingestampft und der Sublimation unterworfen, wobei man darauf zu achten hat, daß eine Oeffnung zum Entweichen der Dämpfe bleibe, weil sonst ein Bersten derselben unvermeidlich ist.

Die Sublimation in Töpfen ist nur für einen verhältnißmäßig kleinen Betrieb geeignet und ist daher in England, wo alle solche Operationen nur in großartigem Maßstabe ausgeführt werden, ganz aufgegeben worden. Man hat nur in einer Fabrik in Glasgow ein einigermaßen analoges Verfahren. Man bringt dort den Salmiak in gußeiserne Kessel, welche mit feuerfesten Steinen ausgekleidet sind, und sublimirt das Salz in einen Ballon von grünem Glase, der über dem Kessel befestigt wird. Der so gebildete Salmiak kommt in Form von sphärischen Massen, welche der Gestalt des Ballons entsprechen und vorher auf mechanische Weise von anhängenden Unreinigkeiten befreit sind, in den Handel.

Der im Topfe bleibende Rückstand, welcher gewöhnlich noch etwas Salz enthält, wird ausgelaugt und die Flüssigkeit mit der Rohlauge vereinigt.

Die größte Menge des Salmiaks wird jetzt sowohl in England wie auf dem Continente aus dem Ammoniakwasser der Gasanstalten dargestellt. Dieses Ammoniakwasser, ein sonst ganz werthloses Nebenproduct, bildet sich bei der Gasbereitung in außerordentlich großen Massen, die, wenn sie sämmtlich verarbeitet werden würden, mehr als den ganzen Bedarf an Ammoniaksalzen decken würden. So wird in einer Londoner Gasfabrik, welche jährlich 51100 Tonnen Kohlen consumirt, 2248000 Pfd. Gaswasser gewonnen; da aber in London allein jährlich 840000 Tonnen Steinkohlen zur Gasfabrikation verbraucht werden, so erzeugen die Gaswerke Londons allein gegen 37 Millionen Pfd. Gaswasser.

Man kann das Gaswasser auf verschiedene Weise auf Salmiak verarbeiten. Das schönste Product und gleich fast chemisch rein erhält man, wenn man das Wasser zunächst der Destillation unterwirft und das Ammoniakgas in Salzsäure leitet. Man erhitzt zu dem Zweck die Flüssigkeit unter Zusatz von gebranntem Kalk in einem geräumigen Dampfkessel zum Sieden, leitet die Dämpfe durch ein in kaltem Wasser liegendes Schlangenrohr, um den größten Theil des Wassers zu condensiren, und läßt das Destillat in einen mit Salzsäure gefüllten Behälter fließen. Dieser Behälter ist ein mit starkem Blei ausgeschlagener hölzerner Kasten, welcher durch einen Deckel verschlossen wird, aus diesem leitet ein Abzugsrohr die nicht verdichteten Gase, Schwefelwasserstoff ꝛc. unter die Feuerung des Kessels, um sie hier zu verbrennen und dann in den Schornstein zu führen. Das Ende des Schlangenrohrs taucht in die Säure, so daß alles Ammoniak, welches in dem Kühlrohr nur zum Theil verdichtet wird, von dieser gebunden werden muß.

Nachdem etwa der zehnte Theil der Flüssigkeit im Kessel verdampft ist, ist alles Ammoniak derselben ausgetrieben, was man daran erkennt, daß ein rothes Lackmuspapier, welches in den aus einem Probehahn

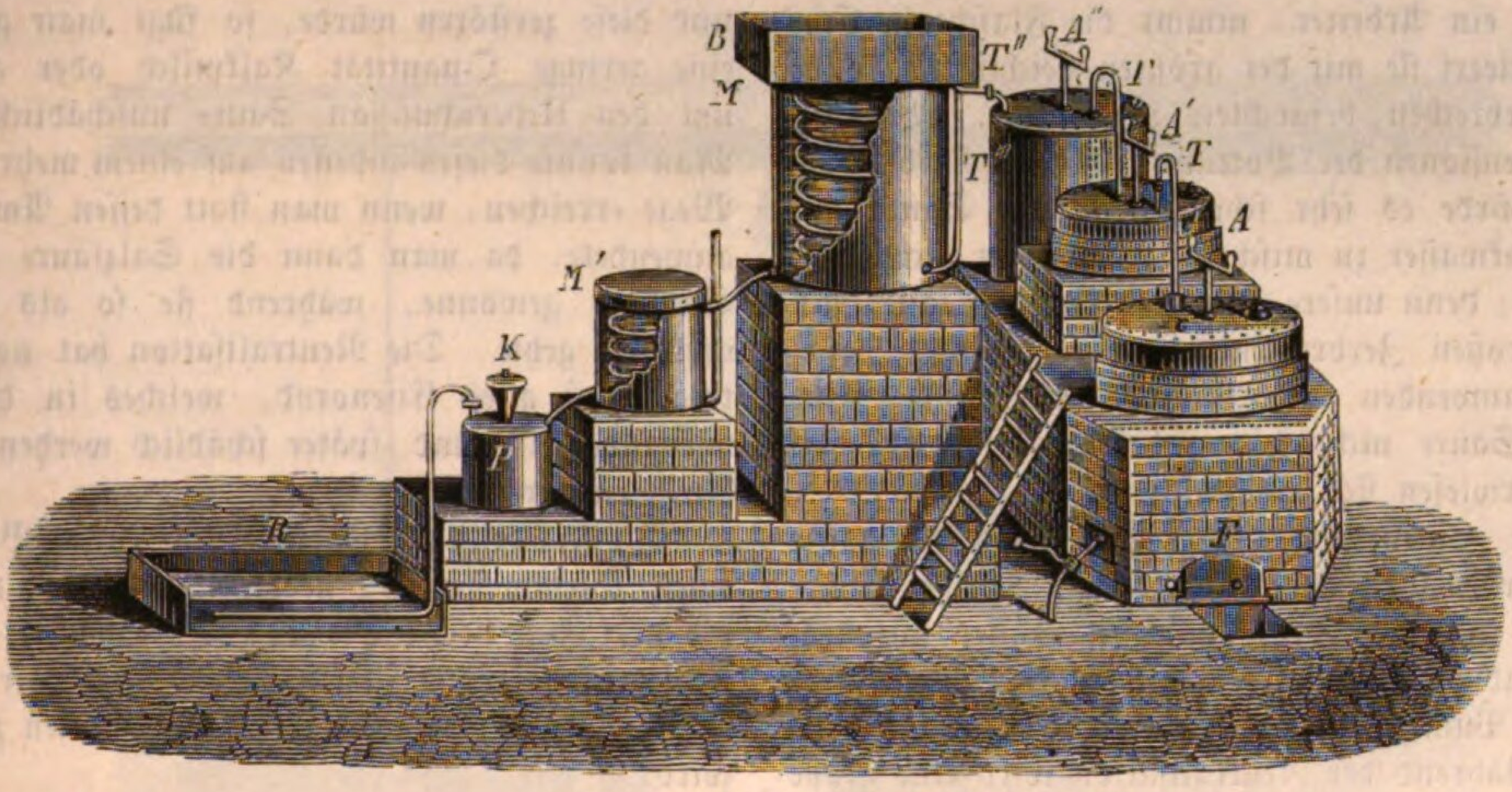
strömenden Dampf gehalten wird, nicht mehr oder doch nur noch ganz schwach blau gefärbt wird. Man läßt dann diesen Probehahn geöffnet und entleert den Kessel, wobei die Luft durch den Probehahn eindringt und so ein Zurücksteigen der Salmiaklösung verhindert.

Das Ammoniakgas läßt man so lange in die Säure einströmen, bis diese gerade neutralisirt ist, worauf man die Salzlösung abzieht und die Vorlage mit frischer Säure beschickt. Die Salmiaklösung ist meistens so concentrirt, daß sie nur noch wenig verdampft zu werden braucht, um die zur Krystallisation erforderliche Stärke zu erreichen. Läßt man sie darauf erkalten, so erhält man sofort eine schöne Krystallisation von fast ganz weißer Farbe und völlig frei von theerartigen Stoffen.

Zweckmäßiger kann man die Destillation noch einrichten, wenn man zwei Kessel so durch Röhren und Wechselhähne mit einander verbindet, daß man die Dämpfe aus dem einen Kessel in den anderen leiten kann. Es wird dann zunächst der erste Kessel durch directes Feuer geheizt, die latente Wärme des Dampfs bringt die Flüssigkeit im zweiten Kessel zum Sieden und verflüchtigt den größten Theil des Ammoniaks, so daß mit dem aus dem zweiten Kessel entweichenden Dampfe das Ammoniak beider Flüssigkeiten in die Säure getrieben wird. Sobald der erste Kessel erschöpft ist, läßt man seinen Inhalt ausfließen, füllt ihn von Neuem und bringt dann Feuer unter den zweiten Kessel, um den Dampf von diesem in den ersten Kessel und das Ammoniak von hier in die Säure treten zu lassen, und so fort bis auch der zweite Kessel erschöpft ist, worauf dieser wieder frisch gefüllt wird. Man erreicht dabei eine große Ersparniß an Brennmaterial, indem man fast mit derselben Menge von Feuerung, welche zur Destillation der Flüssigkeit in einem Kessel erforderlich war, die doppelte Menge von Ammoniak gewinnen kann, und hat noch den Vortheil, daß mit dem Ammoniakgase weit weniger Wasserdämpfe übergehen, wodurch man also eine weit concentrirtere Salmiaklösung erhält.

Ein ähnlicher Destillationsapparat ist in Fig. 108 dargestellt. Es sind drei Kessel $C\,C'\,C''$ mit einander verbunden und terrassenförmig neben einander aufgestellt.

Fig. 108.



Der erste C ist fast bis zu seinem oberen Rande mit Mauerwerk umgeben und wird durch das bei F brennende Feuer geheizt, dessen Hitze in Zügen rings um den Kessel circulirt und dann noch zur Erwärmung des Inhalts des Kessels C' dient. Die Dämpfe entweichen aus dem ersten Kessel C durch das Rohr T, welches auf dem Boden des zweiten Kessels C' mündet, von dort gehen die Dämpfe durch ein zweites Rohr T' in den dritten Kessel C'' und aus diesem durch das Rohr T'' in ein großes Schlangenrohr, welches in dem Bottich M liegt und hierin durch Gaswasser, welches aus dem Reservoir B nachfließt, gekühlt wird. Ein zweites Schlangenrohr in dem Bottich M' bewirkt die vollständige Condensation der Wasserdämpfe. In dem Gefäße P, welches durch den bis auf den Boden desselben reichenden Trichter K gefüllt wird, ist Säure enthalten, womit das Ammoniak gesättigt wird. Endlich ist noch ein Gefäß R vorhanden, welches ebenfalls mit Säure gefüllt ist, in welchem alles in P nicht absorbirte Ammoniak zurückgehalten wird.

Nachdem der erste Kessel C abgetrieben ist, wird sein Inhalt durch ein am Boden befindliches Rohr abgelassen und der Inhalt von C' nach C, der von C'' nach C' durch Oeffnen von entsprechenden Hähnen geschafft. C'' wird durch das Steigrohr T''' aus dem Bottich M mit dem dort erwärmten Gaswasser gefüllt und durch ein Mannloch mit der zur Zersetzung der Ammoniaksalze erforderlichen Menge Kalkmilch beschickt. Die Rührapparate $A\;A'\;A''$ dienen dazu, den Kalk in der Flüssigkeit suspendirt zu erhalten.

In manchen Fabriken hält man die Destillation des Gaswassers nicht für nöthig und verarbeitet das Gaswasser nach seiner Neutralisation mit Salzsäure, wobei also die Gesammtmenge des Wassers verdampft werden muß. Dieses Verfahren wird z. B. in der großen Fabrik der Herren Kurtz, Cropper und Comp. in Liverpool angewandt.

Die Fabrik liegt zwischen zwei Gasanstalten, die beide nur wenig von einander entfernt sind. Alle drei Etablissements sind durch einen Canal verbunden, so

daß die Flüssigkeiten leicht von einem Orte zum anderen transportirt werden können. In den Gasanstalten läßt man das Wasser in flache Schiffe fließen; diese sind von Eisenblech und haben mehrere Abtheilungen, deren Cubikinhalt man genau kennt. Die Schiffe werden durch Pferde gezogen und so bis an das Thor der Fabrik geschafft. Dort angelangt, entleert man den Inhalt der Schiffe durch einen Schlauch in ein Bassin, von wo die Flüssigkeit in eine große unterirdische Cisterne fließt, welche 100000 Gallonen (circa 700000 Pfd.) und mehr hält und in der Mitte der Fabrik liegt. Diese dient nur als ein Sammelbehälter für das Ammoniakwasser. Beim Gebrauch wird es aus der Cisterne in große Bottiche von 14000 bis 18000 Gallonen Inhalt gepumpt und darin weiter verarbeitet.

Wenn eine gewisse Menge Flüssigkeit aus der Cisterne in den Bottich gepumpt ist, fügt man auf jede Gallone (10 Pfd.) Ammoniakwasser 1 bis $1\frac{1}{2}$ Pfd. starker Salzsäure hinzu. In England kommt die Salzsäure in Flaschen von Guttapercha in den Handel, welche die Operationen bedeutend erleichtern; da man die Flasche nur an einen Krahn zu hängen und in die Höhe zu winden braucht. Oben an einer Oeffnung des Bottichs steht ein Arbeiter, nimmt die Flasche in Empfang und entleert sie mit der größten Leichtigkeit, ohne dabei ein Zerbrechen befürchten zu müssen. Bei den enormen Dimensionen der Bottiche (sie sind 20 bis 25 Fuß hoch) würde es sehr schwer sein, die Säure mit dem Ammoniakwasser zu mischen, wenn man nicht diese Flaschen hätte; denn unsere gläsernen Ballons lassen sich wegen der großen Zerbrechlichkeit bei solchen Operationen nicht anwenden und Pumpen würden der Einwirkung der Säure nicht widerstehen, selbst solche von Guttapercha erwiesen sich als untauglich.

Nach dem Hinzufügen der Säure wird die ganze Flüssigkeit durch einen Rührapparat in heftige Bewegung versetzt, um die Verbindung der Säure mit dem Alkali vollständiger zu bewirken. Der Rührapparat sowohl wie die Pumpe werden durch eine Dampfmaschine getrieben. Während der Neutralisation wird eine große Masse Schwefelwasserstoff und andere riechende Gase ausgetrieben. Da diese aber die Luft auf solche Weise verderben würden, daß Niemand in der Nähe der Fabrik leben könnte, so werden sie durch ein Feuer geleitet, um verbrannt zu werden, und entweichen dann erst durch den großen Schornstein, welcher die Producte der Verbrennung in höhere Regionen der Luft schafft. Die Bottiche sind zu diesem Zwecke oben luftdicht verschlossen und zum Entweichen der Gase ist eine weite Röhre angebracht, welche unter dem Roste des Dampfkessels mündet.

Die Flüssigkeit wird von Zeit zu Zeit mit Lackmuspapier geprüft. Man fügt so viel Säure hinzu, daß das Papier schwach geröthet wird. Die Salzsäure verbindet sich nicht allein mit dem Ammoniak, sondern scheidet auch den größten Theil der theerartigen Substanzen, welche in der alkalischen Flüssigkeit gelöst waren, ab. Diese sinken nach drei bis vier Tagen zu Boden, wodurch die Flüssigkeit geklärt wird. Sie bleibt indessen doch noch ziemlich dunkel gefärbt.

Die klare Flüssigkeit wird dann vom Bodensatze durch Hähne, die an verschiedenen Stellen des Fasses angebracht sind, abgelassen und fließt durch Rinnen in die Vorrathsfässer und Abdampfpfannen. Beide sind aus zusammengenieteten gußeisernen Platten angefertigt. Der Theer wird von Zeit zu Zeit durch einen Hahn am Boden des Bottichs entleert und in einen anderen Theil der Fabrik geschafft, wo die flüchtigen Oele daraus abgeschieden werden, die man als ein sehr werthvolles Brennmaterial benutzt.

Die Abdampfpfannen sind entweder viereckig, rectangulär, oder runde Gefäße, aus Platten zusammengesetzt oder in einem Stück gegossen. Sie werden entweder durch ein darunter circulirendes Feuer direct geheizt, oder sie stehen auf einem steinernen Gewölbe und erhalten ihre Wärme erst mittelbar durch dieses. Während der Concentration werden noch viele theerartige Substanzen abgeschieden und durch Abschäumen entfernt. Die Lösung zeigt gewöhnlich ursprünglich 5° an Twaddle's Aräometer, welches 1,025 spec. Gew. entspricht; man verdampft sie, bis sie 50° Tw. oder 1,250 spec. Gew. hat. Anfangs macht man die Flüssigkeit schwach sauer, da sie aber namentlich bei weiterer Concentration dann auf das Eisen der Pfannen wirken und diese zerstören würde, so fügt man gleich anfangs eine geringe Quantität Kalkmilch oder Kreide hinzu, um den Ueberschuß an Säure unschädlich zu machen. Man könnte dieses indessen auf einem mehr ökonomischen Wege erreichen, wenn man statt dessen Ammoniakwasser anwendete, da man dann die Salzsäure in Form von Salmiak gewönne, während sie so als Chlorcalcium verloren geht. Die Neutralisation hat noch den Vortheil, daß alles Eisenoxyd, welches in der Flüssigkeit vorhanden ist und später schädlich werden könnte, dadurch entfernt wird.

Die Krystallisationsgefäße sind runde Bottiche, haben einen Durchmesser von sieben bis acht Fuß und sind zwei bis drei Fuß tief. Sie sind so aufgestellt, daß man die Mutterlauge später in ein kleines Reservoir fließen lassen kann, von wo sie in die Abdampfpfannen zurückgepumpt wird.

Die Krystallisation dauert je nach der Temperatur der umgebenden Luft kürzere oder längere Zeit; sie ist gewöhnlich in acht bis zehn Tagen vollendet. Wenn man den Salmiak später sublimiren will, so ist es durchaus nicht vortheilhaft, ihn in großen, gut ausgebildeten Krystallen zu haben, da diese einen größeren Raum einnehmen als kleine und daher auch mehr Brennmaterial beanspruchen. Denn die Wärme kann weit mehr auf eine compacte Masse von kleinem Umfang, als auf einen großen lockeren Haufen wirken. Man rührt daher alle sechs bis acht Stunden die Flüssigkeit heftig um und bricht alle großen Krystalle, welche sich an den Seiten oder an der Oberfläche angesetzt haben, sorgfältig los, da sie sonst immer größer werden würden.

Der durch die erste Krystallisation erhaltene Salmiak ist ein schmutzig aussehendes, grobkörniges Salz. Die dunkle Farbe rührt von theer- und ölartigen Substanzen und anderen Unreinigkeiten her, die in der Rohlauge enthalten waren. Diese werden von den Krystallen umhüllt und fallen so mit nieder. Der Salmiak enthält außerdem einige schwefelsaure, unterschwefligsaure Salze

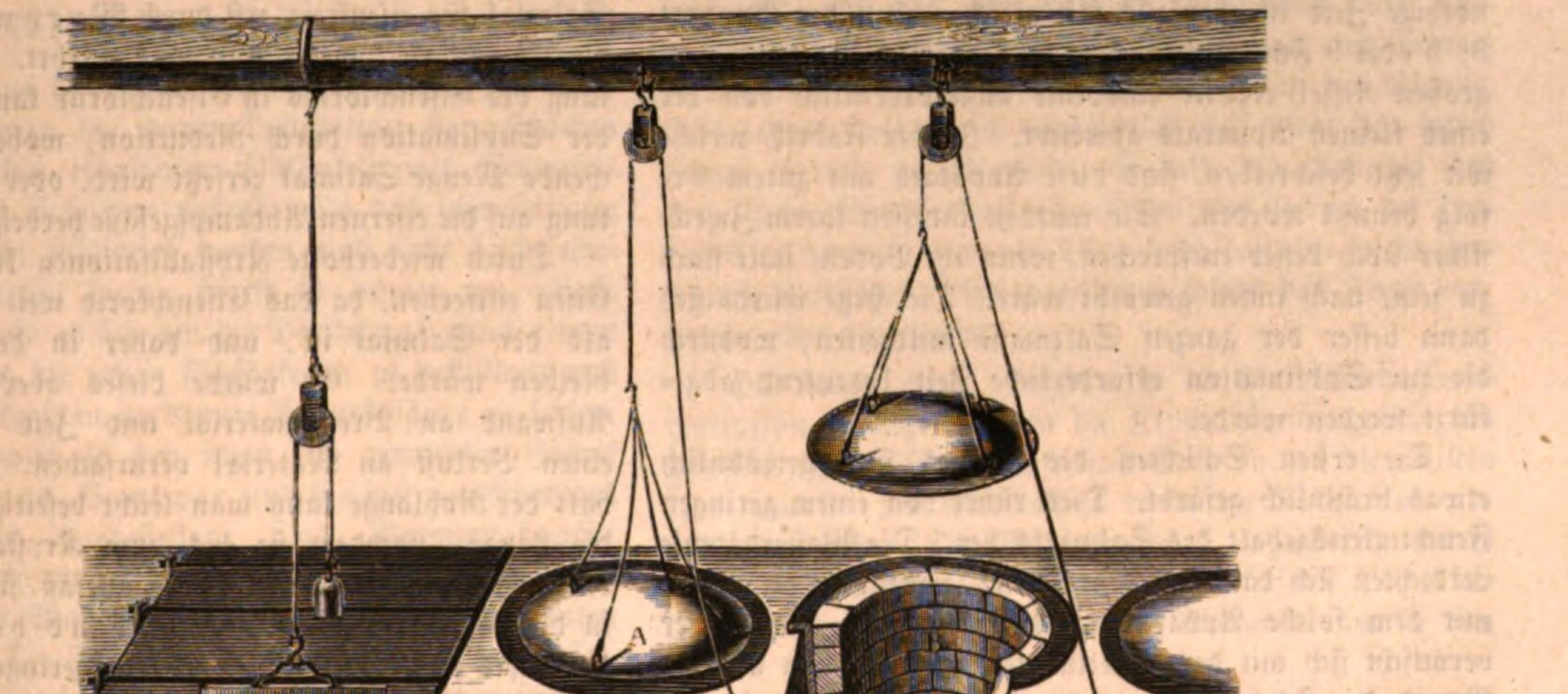
und Wasser. Diese müssen sämmtlich entfernt werden, ehe man zur Sublimation schreitet, da sonst nur ein schlechtes Product erzielt werden würde.

Nachdem die Mutterlauge so viel wie möglich entfernt ist, bringt man die Krystalle in einen Trockenofen, der aus eisernen Platten construirt ist und durch ein darunter angebrachtes Feuer geheizt wird. Durch die Erhitzung wird zuerst das Wasser entfernt, dann werden die theer- und ölartigen Substanzen verkohlt und die übrigen schädlichen Salze ausgetrieben oder zerstört. Man darf aber niemals die Hitze zu stark werden lassen, da sonst ein Theil des Salmiaks verflüchtigt werden würde, was man aber, sobald es eintritt, an den dicken weißen Dämpfen, welche aus dem Ofen ausgestoßen werden, sieht. Entfernt man dann rasch das Feuer und rührt das Salz mit einer Krücke um, so kann man den Verlust zum größten Theile vermeiden. Der Salmiak bildet nach dem Trocknen eine graue Masse, die dann der Sublimation unterworfen wird.

Die Sublimationsgefäße sind runde Kessel mit flachem Boden. Sie sind aus gußeisernen Platten zusammengenietet und inwendig mit feuerfesten Steinen ausgesetzt. Die Feuerung befindet sich unter dem Kessel. Der Zug ist so gebaut, daß die Flamme und der Rauch sich mehrere Male um den ganzen Apparat herumwinden müssen. Der Salmiak sublimirt in einen Deckel von Gußeisen, der die Form eines ziemlich flachen Uhrglases hat. Seine Größe muß natürlich dem Durchmesser des Kessels genau entsprechen. Dieser variirt zwischen 3 und 9 Fuß. Die Höhe des Deckels ist ungefähr 2 Fuß, sein Gewicht 10 bis 30 Centner. Auf dem Deckel sind in gleichen Entfernungen drei Ringe angebracht, in die man die Haken eines Krahnes hängen kann, um dann mittelst dieses Krahnes den ganzen Deckel abheben zu können. Während der Sublimation ist ein ziemlich starker Druck im Apparate; daher die Deckel entweder noch mit Gewichten beschwert oder auf eine andere Weise auf dem Kessel befestigt werden müssen. Im Mittelpunkte des Deckels ist ein kleines Loch, welches durch eine Eisenstange verschlossen wird. Letztere wird während der Operation häufig herausgezogen, um nicht verdichtbaren Dämpfen einen Ausweg zu lassen.

Fig. 109 giebt eine Ansicht des Trockenofens und der Sublimationsapparate.

Fig. 109.



Im Anfange giebt man ein ziemlich starkes Feuer, bis die Sublimation beginnt. Dann verschwächt man es etwas, erhält die Gefäße aber während des späteren Verlaufs der Operation auf einer möglichst gleichförmigen Temperatur. Der Erfolg der Arbeit hängt größtentheils von der Regulation der Hitze ab. Bei einer zu hohen Temperatur würden die theerartigen Substanzen, welche noch nicht vollständig verkohlt waren, weitere Zersetzungen erleiden und flüchtige Körper bilden, die den Salmiak verunreinigen. Ferner ist es auch nicht möglich, den Salmiak zu condensiren, wenn die Gefäße zu heiß sind. Ist die Temperatur dagegen zu niedrig,

so wird man kein festes, durchscheinendes, sondern ein lockeres, schwammiges, undurchsichtiges Product erhalten. Während der Sublimation hält man die Temperatur so hoch, daß ein Tropfen Wasser auf dem Deckel des Apparats koche und ziemlich rasch verdampfe. Bei einiger Erfahrung wird es dem Arbeiter leicht gelingen, den richtigen Punkt auf diese Weise zu finden. Der Deckel wird stets mit einem die Wärme schlecht leitenden Körper bedeckt, damit keine plötzliche Abkühlung eintreten kann und die Wärme so viel wie möglich zusammengehalten werde.

So verschieden wie die Größe der Kessel, ist auch die Quantität der Beschickung, welche man in dieselben bringt. In einen Kessel von 3 Fuß innerem Durchmesser bringt man 10 Ctnr., in einen von 5 Fuß 15 bis 18 Ctnr. und endlich in einen von 9 Fuß 40 bis 50 Ctnr. Salz. Es ist, wie aus praktischer Erfahrung hervorgeht, weit vortheilhafter, große Sublimationsapparate anzuwenden, da diese weit weniger Arbeitskräfte in Anspruch nehmen und bei der gewöhnlichen Construction so viel Hitze verloren geht, daß man mit dem Brennmaterial, welches einen Kessel von 3 Fuß Durchmesser heizt, auch fast einem dreimal so großen den nöthigen Hitzgrad ertheilen kann. Die zur Sublimation nöthige Zeit ist ebenfalls fast gleich, wenn der Apparat 3, 5 oder 9 Fuß Durchmesser hat, obgleich die mit einem großen Kessel erzielte Ausbeute außerordentlich von der eines kleinen Apparats abweicht. In der Fabrik, welche wir jetzt beschreiben, sind diese Apparate mit gutem Erfolg benutzt worden. Sie würden indessen ihrem Zwecke sicher noch besser entsprechen, wenn ihr Boden, statt flach zu sein, nach innen gewölbt wäre. Die Hitze würde sich dann besser der ganzen Salzmasse mittheilen, wodurch die zur Sublimation erforderliche Zeit bedeutend abgekürzt werden würde.

Die ersten Schichten des Salzes sind gewöhnlich etwas bräunlich gefärbt. Dies rührt von einem geringen Feuchtigkeitsgehalt des Salmiaks her. Die Wasserdämpfe verdichten sich dann an dem Deckel, erweichen den Rost, mit dem solche Apparate stets bedeckt sind, und dieser vermischt sich mit dem sublimirten Salze. Ein anderer Grund der Färbung kann in einer weiteren Zersetzung der theerartigen Substanzen liegen.

Die Sublimation ist in 5 bis 9 Tagen beendigt. Man öffnet indessen die Apparate gewöhnlich nach 7 Tagen, nachdem man das Feuer einige Stunden vorher entfernt hat. Man sublimirt nie die ganze Menge des Salzes, sondern läßt stets einen Theil im Kessel zurück, weil die zur Verflüchtigung der letzten Mengen Salmiak erforderliche Hitze hinreichend hoch sein würde, um die weitere Zersetzung der theerartigen Substanzen zu veranlassen, wodurch die Schönheit des Products sehr verringert werden würde. Man vermischt den Rückstand mit neuen Mengen frischen Salzes und entfernt ihn nur, wenn sich die Unreinigkeiten zu sehr darin angehäuft haben. Er wird dann entweder mit Wasser ausgelaugt und die Lösung zu der Rohlauge gefügt, oder man verwendet ihn zur Darstellung des schwefelsauren Ammoniaks. Im Deckel findet man bei gut geleiteter Feuerung eine Kruste von 2 bis 4 Zoll Dicke eines schönen, durchscheinenden, festen Salzes. Diese wird losgebrochen und dann in einen anderen Theil der Fabrik geschafft, wo die äußeren Schichten abgeschabt werden und der fertige Salmiak zerbrochen und verpackt wird. Die Herren Kurtz, Cropper und Comp. stellen während der Wintermonate wöchentlich circa 300 Ctnr. rohen Salmiak dar. Von diesem wird ein Theil sublimirt, so daß wöchentlich ungefähr 120 bis 160 Ctnr. reiner Salmiak von ihnen auf den Markt gebracht werden. Der Rest wird zur Darstellung des schwefelsauren und kohlensauren Ammoniaks verwandt.

In der Salmiakrohlauge ist stets etwas Eisen in Form von Eisenchlorid enthalten, dieses rührt theils aus der Salzsäure her, die nie eisenfrei im Handel vorkommt, theils aber auch aus den Gefäßen, in denen die Abdampfung geschieht. In dem sublimirten Salze findet sich das Eisen aber stets als Chlorür, und kommt sowohl im braunen, als auch im farblosen Salmiak vor. Wurtz unterwarf diesen Gegenstand einer genauen Untersuchung und fand, daß die Reagentien, welche die geringsten Spuren von Eisenoxydverbindungen anzeigen, das Ferrocyankalium und das Schwefelcyankalium, nie eine Andeutung von diesem geben, ehe man Salpetersäure hinzugefügt hatte, wo dann aber die Reaction stets eintrat. Man hielt früher den farblosen Salmiak für eisenfrei; erst durch Wurtz wurde man über die Unrichtigkeit dieser Annahme belehrt. Die Verwandlung des Eisenchlorids in Eisenchlorür kann entweder bei der Sublimation durch Reduction, wobei eine entsprechende Menge Salmiak zersetzt wird, oder durch Einwirkung auf die eisernen Abdampfgefäße herbeigeführt werden.

Durch wiederholte Krystallisationen könnte man das Eisen entfernen, da das Eisenchlorid weit leichter löslich als der Salmiak ist, und daher in der Mutterlauge bleiben würde. Es würde dieses aber einen großen Aufwand an Brennmaterial und Zeit erfordern und einen Verlust an Material verursachen. Den Eisengehalt der Rohlauge kann man leicht beseitigen, wenn man die Lauge, nachdem sie bis zum Krystallisationspunkt verdampft ist, in ein hölzernes Gefäß fließen läßt und in dieselbe, so lange sie noch siedend heiß ist, etwas Chlorgas einströmen läßt oder eine geringe Menge Chlorkalk hinzufügt. Das Eisenchlorür wird dadurch in Eisenchlorid verwandelt und dieses kann als Eisenoxydhydrat durch Ammoniak oder durch eine geringe Menge Gaswasser gefällt und durch Filtration beseitigt werden. Die Einwirkung des Chlorgases darf aber nicht zu sehr verlängert werden, ebenso darf nicht mehr Chlorkalk zugesetzt werden, als gerade zur Eisenchloridbildung erforderlich ist, weil sonst beide einen Theil des Salmiaks unter Bildung von Stickgas und Chlorwasserstoffsäure zersetzen würden. Ebenso darf die Behandlung mit Chlor auch nur in der ganz heißen Flüssigkeit vorgenommen werden, weil in der Kälte unter Zersetzung des Salmiaks eine sehr gefährlich explodirende Substanz, der Chlorstickstoff, gebildet werden würde.

Im Handel kommen außer dem sublimirten Salmiak noch zwei andere Sorten vor, der krystallisirte und der Salmiak in Hutform — Ammonium muriaticum in metis mancher Pharmakopöen. — Das Rohmaterial zu beiden ist der rohe krystallisirte Salmiak. Man reinigt ihn durch wiederholte Krystallisationen und

filtrirt dabei die Lauge vor der Krystallisation jedes Mal durch Holz- oder Knochenkohle, um sie zu entfärben. Wenn das Salz ganz farblos geworden ist, trocknet und verpackt man es. Der Salmiak wird jetzt von einer Fabrik in Hamburg in sehr großen schön ausgebildeten Krystallen in den Handel gebracht, deren Darstellung aber geheim gehalten wird. Das Ammonium muriaticum in metis ist einfach ein krystallisirter Salmiak, der in zuckerhutähnliche Formen gepreßt ist. Um ihm Festigkeit zu geben, rührt man die Krystalle mit siedend heißer gesättigter Lösung zu einem dicken Brei an und stampft diesen dann in Formen von glasirtem Steingut oder Porzellan, die unten eine Oeffnung haben, durch die der nicht erstarrende Theil der Flüssigkeit abtropfen kann. Nach einigen Tagen kehrt man die Formen um, entfernt den Hut davon durch gelindes Anklopfen und bringt ihn in eine Trockenstube, um den Rest der Feuchtigkeit zu entfernen. Er bildet dann eine etwas bröckliche Masse von an einander gelagerten Krystallen.

Die Hauptanwendungen des Salmiaks sind in der Farbenfabrikation, Kattundruckerei, in der Heilkunde, beim Verzinken, Verzinnen, Löthen u. s. w.

Schwefelsaures Ammoniak, $NH_4O . SO_3$ oder $\left.\begin{matrix}S_2O_4\\2NH_4\end{matrix}\right\}O_4$. Das schwefelsaure Ammoniak läßt sich im Wesentlichen auf dieselbe Weise darstellen wie der Salmiak, indem man die durch Destillation von Knochen oder Steinkohlen erhaltenen Flüssigkeit mit Schwefelsäure, statt mit Salzsäure zersetzt. Da das schwefelsaure Salz aber nicht sublimirt werden und nicht leicht umkrystallisirt werden kann, so ist es immer am zweckmäßigsten, sobald es sich um die Darstellung eines reinen Salzes handelt, die rohen Flüssigkeiten zu destilliren und das Ammoniakgas in verdünnte Schwefelsäure zu leiten. Dieses Salz wird in der schon oft genannten Fabrik der Herren Kurtz, Cropper und Comp. in Liverpool folgendermaßen dargestellt: Das Ammoniakwasser wird aus der großen Cisterne in einen Dampfkessel gebracht, der mit Mauerwerk umgeben ist und von unten geheizt wird. Die Feuerzüge umgeben den ganzen Kessel, um die Hitze so viel wie irgend möglich zu verwerthen. Oben am Kessel ist eine weite Röhre angebracht, welche in einem in der Nähe befindlichen bleiernen mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Fasse mündet. Sobald der Inhalt des Kessels zum Sieden kommt, entweichen die Ammoniakdämpfe durch die weite Röhre und gelangen in das mit Säure gefüllte Faß. Sie werden hier sogleich absorbirt und bilden schwefelsaures Ammoniak. Die Destillation wird so lange fortgesetzt, bis keine Ammoniakdämpfe mehr kommen. Dann wird das Feuer gedämpft, die Flüssigkeit in einen anderen größeren Kessel abgelassen und dort mit Kalkmilch versetzt. Man bringt die Flüssigkeit wieder zum Sieden und leitet die dann kommenden Dämpfe in dasselbe Faß. Wenn auch hier keine alkalische Gase mehr entwickelt werden, sieht man die Flüssigkeit als erschöpft an und läßt sie abfließen. Das Ammoniakwasser enthält im Wesentlichen freies und kohlensaures Ammoniak, Schwefel- und Spuren von Cyanammonium, Chlorammonium und schwefelsaures Ammoniak. Die vier ersten sind bei der Siedhitze des Wassers flüchtige Körper und destilliren daher über, sobald man ihre Lösung zum Kochen bringt. Die beiden letzten dagegen, das schwefelsaure Ammoniak und das Chlorammonium, sind fixe Salze und müssen zersetzt werden, um ihr Alkali abzugeben. Dieses geschieht durch den Zusatz von Kalk. Man bringt letzteren nicht gleich in den Kessel, weil sonst die übrigen Ammoniaksalze auch ihre Säuren, oder die sie vertretenden Elemente abgeben würden. Dadurch erhielte man dann eine große Menge unlöslicher Kalksalze, welche die Destillation erschweren und durch das Anbrennen die Kessel verderben würden.

Anfangs wird in der Säure nicht allein das Ammoniak, sondern auch die Wasserdämpfe verdichtet. Bald wird die Lösung aber so heiß werden, daß die Wasserdämpfe daraus entweichen, ohne absorbirt zu werden, während das Ammoniak vollständig zurückbleibt, so daß man, wenn die Sättigung eingetreten ist, eine ziemlich starke Lösung hat. Die Lauge ist indessen doch noch nicht concentrirt genug, um zu krystallisiren, und muß deshalb weiter verdampft werden. Dieses geschieht in ähnlichen Pfannen, wie zur Salmiakfabrikation angewandt werden. Man muß dabei aber die Hitze außerordentlich vorsichtig reguliren, denn die organischen Substanzen, welche in der Flüssigkeit enthalten sind, wirken zersetzend auf das schwefelsaure Ammoniak und verwandeln dieses in unterschwefligsaures Salz und Schwefelammonium. Beide wirken auf das Eisen der Pfanne. Das letztere wird rasch verflüchtigt und giebt sich durch seinen Geruch zu erkennen. Sobald der Arbeiter den dem Schwefelwasserstoff eigenthümlichen Geruch der faulen Eier bemerkt, kann er sicher sein, daß eine solche Zersetzung stattfindet. Er muß dann sofort das Feuer entfernen oder verringern.

Die Lauge wird, nachdem sie die hinreichende Concentration erlangt hat, in die Krystallisationsgefäße abgelassen. Hier schießt ein reines Salz an, da die meisten Unreinigkeiten des Gaswassers durch die Destillation abgeschieden sind. Die Mutterlauge ist gewöhnlich etwas sauer. Man vermischt sie daher mit frischer Schwefelsäure und bringt sie wieder in die Bleitonne, um sie von Neuem mit Ammoniak zu sättigen.

Manchmal wendet man die Abfälle des Salmiaks zur Darstellung des schwefelsauren Ammoniaks an. Sie werden dann in den Kessel gebracht und mit Kalkmilch, die so viel gebrannten Kalk enthält, als man Salmiak hat, destillirt und die Dämpfe wie oben beschrieben in Schwefelsäure geleitet. Es ist aber vortheilhafter, diese Rückstände auf kohlensaures Ammoniak zu verarbeiten.

Das schwefelsaure Ammoniak wird beim Erhitzen zersetzt, es kann daher nicht sublimirt werden. Wenn man aber 1 Th. desselben mit 1 Th. Kochsalz mischt, so bildet sich Salmiak, der durch Sublimation von dem nicht flüchtigen schwefelsauren Natron getrennt werden kann.

In der schon oft erwähnten Fabrik werden wöchentlich 120 Ctnr. von diesem Salze gewonnen.

Eine andere Methode zur Darstellung des schwefelsauren Ammoniaks durch Zersetzung des rohen kohlensauren Ammoniaks mittelst schwefelsauren Kalks ist oben S. 538 beschrieben worden.

Sonstige Methoden zur Gewinnung der Ammoniaksalze. Schon vor langen Jahren hat man versucht, das Ammoniak, welches sich bei der durch Fäulniß herbeigeführten Zersetzung des Harnstoffs im menschlichen und thierischen Harne bildet, zu gewinnen. Die Versuche sind aber meistens wieder aufgegeben, weil die Gewinnungskosten, die Abdampfung &c. den Werth des Products überstiegen. In neuerer Zeit ist dieses jedoch wieder aufgenommen und wird gegenwärtig von Figuera in Bondy bei Paris wieder praktisch ausgeführt. Die flüssigen und festen Excremente der Pariser werden durch eine große Cloake an diesen Ort geleitet, sie werden dort in Reservoirs gesammelt und durch Absetzen getrennt. Der feste Theil wird für sich getrocknet und als Düngmittel unter dem Namen Poudrette in den Handel gebracht. Die Flüssigkeit wird destillirt und auf Ammoniaksalze verarbeitet.

Die Destillationsproducte des Torfes sind sehr reich an Ammoniak, und werden von der British and Irish Peat Company ausgebeutet. Die Gesellschaft bezweckt außer der Gewinnung der Torfkohlen und des Ammoniaks die Urbarmachung des unter dem Torf liegenden Grundes.

Reece führt in seinen Patenten von 1849 an, daß er den Torf in einem Hohofen verkohle und die brennbaren Gase und flüchtigen Substanzen durch einen passenden Condensationsapparat leite, worin sich der Theer, das kohlensaure Ammoniak und andere Producte ablagern. Der Theer wird später destillirt und daraus Paraffin und verschiedene Oele, die theils zum Brennen, theils als Wagenschmiere benutzt werden, gewonnen. Die Ammoniakflüssigkeit wird mit einer Säure neutralisirt und dann destillirt, um den Holzgeist, der in nicht geringen Mengen darin vorkommt, zu erhalten, und darauf auf gewöhnliche Weise auf Salmiak oder schwefelsaures Ammoniak verarbeitet. Nach Angaben von Sir Robert Kane u. A. liefern 20 Ctnr. Torf 22 bis 25 Pfd. Ammoniaksalze, außer den anderen sehr werthvollen Producten.

Laming bringt verschiedene Salze in trocknem Zustande in die Reinigungsapparate des Leuchtgases, wodurch die Ammoniakverbindungen absorbirt werden. Er wendet dazu an: Eisenchlorür mit Kalkhydrat gemischt; oder Eisenvitriol, den er durch Kochsalz in Eisenchlorür verwandelt und dieses dann mit Kalkhydrat mischt; oder eine Mischung von schwefelsaurem Kalk und Eisenvitriol oder Eisenoxydhydrat mit kohlensaurem Kalk oder Magnesia oder Magnesia-Kalkstein; oder Chlormagnesium oder schwefelsaure Magnesia; oder phosphorsauren Kalk in Salzsäure gelöst; oder eine Mischung von schwefelsaurer Magnesia, Chlormagnesium oder Chlorcalcium entweder mit oder ohne Kalk, Magnesia oder die kohlensauren Salze dieser Erden. Diese Substanzen werden stets mit Sägespänen gemischt, ehe sie in die Reiniger gebracht werden, um dem Gase mehr Oberfläche darzubieten und um ihm einen freieren Durchgang zu gestatten. Nach der Sättigung mit Ammoniak entfernt man die gebildeten Salze einfach durch Waschen mit Wasser.

Laming nahm 1852 ein Patent für die Anwendung der schwefligen Säure zur Darstellung des schwefelsauren Ammoniaks. Er sättigte das Gaswasser mit schwefliger Säure, bildete schwefligsaures Ammoniak und ließ dies durch die Berührung der Luft sich freiwillig oxydiren. Er fand indessen bald, daß diese Oxydation äußerst schwierig sei und überhaupt nur unvollständig stattfinde, und gab diesen Proceß daher nach kurzer Zeit wieder auf.

Michiel nahm 1850 ein Patent für die Darstellung des schwefelsauren Ammoniaks mittelst basisch schwefelsauren Bleioxyds. Wenn man eine solche Verbindung mit dem Ammoniakwasser digerirt, so findet eine Zersetzung Statt; es entsteht schwefelsaures Ammoniak, Schwefelblei und kohlensaures Bleioxyd. Die Lösung des ersteren wird durch Filtration von den beiden letzteren getrennt und auf die gewöhnliche Weise weiter verarbeitet. Die letzteren lassen sich zu manchen Zwecken verwenden, z. B. zur Fabrikation des Bleizuckers. Er stellt das basisch schwefelsaure Bleioxyd dar, indem er Bleiglanz — Schwefelblei — fein mahlt, in einen Flammenofen bringt und dort gelinde röstet. Die Masse muß von Zeit zu Zeit umgerührt werden, um ein Zusammenballen zu verhindern. Durch das Rösten wird ein Theil des Schwefelbleies oxydirt und in schwefelsaures Bleioxyd verwandelt. Ein anderer Theil wird ebenfalls oxydirt, so daß eine Mischung von Bleioxyd und schwefelsaurem Bleioxyd zurückbleibt.

Wilson nahm 1850 ein Patent, um schwefelsaures Ammoniak aus den Gasen, welche aus Kohksöfen entweichen, darzustellen. Er leitet die Dämpfe durch runde Thürme, welche mit Kohks gefüllt sind. An der Basis des Thurmes befindet sich eine Cisterne, welche so verdünnte Schwefelsäure enthält, daß die Hitze des Apparats nicht hinreicht, sie so weit zu verdampfen, daß das schwefelsaure Ammoniak, welches nach der Neutralisation entsteht, krystallisirt. Eine dieser ähnliche Cisterne mit durchlöchertem Boden ist auf dem Thurme angebracht. Die Gase der Oefen werden zuerst durch die untere Cisterne getrieben und müssen dann durch den Thurm entweichen. Durch eine mechanische Einrichtung wird die Säure aus der unteren Cisterne fortwährend in die obere gebracht. Sie fließt dort durch den durchbohrten Boden, vertheilt sich über die Kohksstücke im Thurme und kommt endlich wieder unten an, nachdem sie das Ammoniak absorbirt hat, welches in der unteren Cisterne der Condensation entgangen ist. Nach dem Filtriren, Abdampfen und Krystallisiren erhält man ein ziemlich reines Product.

Kohlensaures Ammoniak. Mischt man trocknes kohlensaures Gas und trocknes Ammoniakgas mit einander, so verbinden sich beide zu einem weißen salzartigen Körper, dessen Elementarzusammensetzung durch die Formel $NH_3 CO_2$ bezeichnet wird. Diese Verbindung entsteht immer, in welchem Verhältniß auch beide Gasarten mit einander in Wechselwirkung treten. Es ist kein Ammoniumsalz, da das zur Bildung des Ammoniumoxyds erforderliche Aequivalent Wasser darin fehlt.

Die Verbindung von 1 Aeq. Ammoniumoxyd und 1 Aeq. Kohlensäure, also das neutrale Salz $NH_4 O . CO_2$

oder, wenn man die Kohlensäure als zweibasische Säure betrachtet, von der Formel $\left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ 2\,NH_4\end{matrix}\right\}O_4$ existirt nicht. Bei der Darstellung der Verbindungen von Ammoniumoxyd mit Kohlensäure erhält man stets Producte, welche die Verbindung $NH_3\,CO_2$ beigemischt enthalten. Ob die kohlensauren Ammoniumsalze hiermit eine Verbindung eingehen, oder ob man es nur mit einem Gemenge beider zu thun hat, ist wohl nicht mit Sicherheit nachzuweisen, wahrscheinlich ist aber Letzteres.

Das Salz, welches man gewöhnlich als kohlensaures Ammoniak bezeichnet, besteht aus den Elementen von 2 Aeq. Ammoniumoxyd und 3 Aeq. wasserfreier Kohlensäure, man nennt es daher auch anderthalb kohlensaures Ammoniak und schreibt seine Formel $2\,NH_4O\,.\,3\,CO_2$. Mit Luft in Berührung zersetzt sich dieses Salz ungemein rasch, es verdampft die Verbindung $NH_3\,CO_2$ und es bleibt saures kohlensaures Ammoniak $NH_4O\,.\,CO_2 + HO\,.\,CO_2$ zurück. Je nachdem das kohlensaure Ammoniak längere oder kürzere Zeit der Luft ausgesetzt gewesen ist, bleibt dem sauren Salz mehr oder weniger von dem Körper $NH_3\,CO_2$ beigemengt. Es ist daher wohl nicht unrichtig, wenn man das gewöhnliche kohlensaure Ammoniak als eine Verbindung oder als ein Gemenge von saurem Salz mit dem Körper $NH_3\,CO_2$ betrachtet. Nimmt man die Kohlensäure in ihren Salzen als zweibasische Säure an, so ist die Formel des gewöhnlichen oder sogenannten anderthalbfach kohlensauren Ammoniaks $\left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ H\,.\,NH_4\end{matrix}\right\}O_4 + NH_3\,CO_2$, nach der sonstigen Schreibweise ist seine rationelle Formel $NH_4O\,.\,CO_2 + HO\,.\,CO_2 + NH_3\,CO_2$.

Das kohlensaure Ammoniak bildet sich, wenn man Salmiak oder irgend ein Ammoniaksalz mit kohlensaurem Kalk trocken mischt und erhitzt. Man kann den Vorgang durch folgende Formel darstellen:

$$\underbrace{3\,NH_4Cl}_{\text{Salmiak.}} + \underbrace{3\,CaO\,.\,CO_2}_{\text{Kohlensaurer Kalk.}} = \underbrace{2\,NH_4O\,.\,3\,CO_2}_{\text{Kohlensaures Ammoniak.}} + \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser.}} + \underbrace{3\,CaCl}_{\text{Chlorcalcium.}}$$

Oder:

$$\overbrace{6\,NH_4Cl} + \overbrace{3\left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ Ca_2\end{matrix}\right\}O_4} = \overbrace{4\left(\left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ H\,.\,NH_4\end{matrix}\right\}O_4\,.\,NH_3CO_2\right)} + \overbrace{2\,NH_3} + \overbrace{2\,HO} + \overbrace{6\,CaCl.}$$

Man kann sich aber auch denken, daß dabei zwei Processe unabhängig von einander stattfinden, wobei zunächst zweifach kohlensaures Ammoniak gebildet wird, während ein anderer Theil des Salmiaks mit dem kohlensauren Kalk sich in Ammoniak und Kohlensäure umsetzt und dann durch die Vereinigung des freien Ammoniaks mit der Kohlensäure die Verbindung $NH_3\,CO_2$ gebildet wird, nach folgenden Gleichungen:

$$\underbrace{2\,NH_4Cl}_{\text{Salmiak.}} + \underbrace{2\,CaO\,.\,CO_2}_{\text{Kohlensaurer Kalk.}} = \underbrace{(NH_4O\,.\,CO_2 + HO\,.\,CO_2)}_{\text{Zweifach kohlensaures Ammoniak.}} + \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{2\,CaCl}_{\text{Chlorcalcium.}}$$

$$\overbrace{NH_4Cl} + \overbrace{CaO\,.\,CO_2} = \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{CO_2}_{\text{Kohlensäure.}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser.}} + \underbrace{CaCl}_{\text{Chlorcalcium.}}$$

Oder:

$$2\left(2\,NH_4Cl + \left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ 2\,Ca\end{matrix}\right\}O_4 = \left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ N\,.\,NH_4\end{matrix}\right\}O_4 + NH_3 + 2\,CaCl\right)$$

$$2\,NH_4Cl + \left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ 2\,Ca\end{matrix}\right\}O_4 = 2\,NH_3 + 2\,CO_2 + 2\,HO + 2\,CaCl.$$

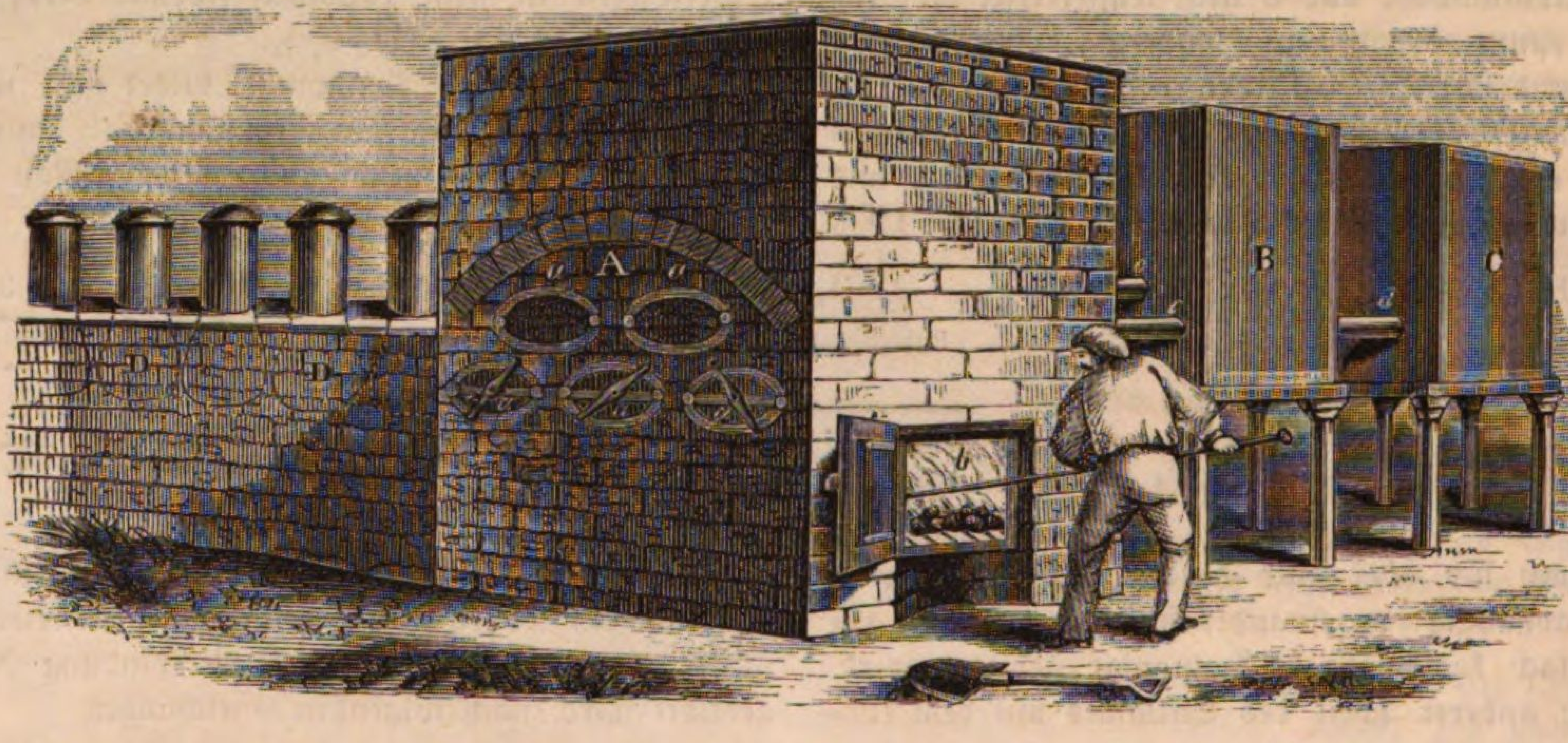
Als Endproduct bekommt man dabei immer das sogenannte anderthalbfach kohlensaure Ammoniak $2\,NH_4O\,.\,3\,CO_2$ oder $(NH_4O\,.\,CO_2 + HO\,.\,CO_2) + NH_3\,CO_2$ oder $\left.\begin{matrix}C_2\overset{\prime\prime}{}O_2\\ H\,.\,NH_4\end{matrix}\right\}O_4\,.\,NH_3\,CO_2$, während ein Theil des Ammoniaks gasförmig entweicht.

Bei der fabrikmäßigen Darstellung des Salzes wird 1 Th. fein krystallisirter Salmiak und 2 Th. Kreide gut gemischt, dann in eiserne Retorten gebracht und erhitzt. Das Sublimat wird in bleiernen Kammern verdichtet, deren Boden oder Deckel theilweise beweglich ist, damit man das Salz später daraus entfernen kann. Dieses ist aber nicht immer gleich ganz rein. Es wird daher einer zweiten Sublimation in eisernen Töpfen mit bleiernen Deckeln unterworfen. Die aus dem Retortenofen entweichende Wärme ist hinreichend, eine Reihe von letzteren zu erhitzen. Bei der zweiten Sublimation fügt man etwas Wasser hinzu, da das Präparat dadurch ein besseres Ansehen bekommt und durchscheinend wird.

Die folgende Zeichnung, Fig. 110, giebt eine Ansicht eines zur Darstellung des kohlensauren Ammoniaks dienenden Apparats. Fünf eiserne Retorten *a* liegen in einem gemeinschaftlichen Gewölbe des Ofens *A* und werden von *b* geheizt. An der vorderen Seite sind sie mit Deckeln versehen, die durch Schrauben und Bügel gehalten werden. An der entgegengesetzten Seite leitet ein kurzes weites Rohr *c* die Dämpfe des sublimirenden Salzes aus jeder Retorte in die Kammer *B*, welche von Bleiplatten construirt ist und worin sich der größte Theil des Salzes in Form einer festen Kruste an den Wänden verdichtet. Um jeden Verlust zu vermeiden, ist noch eine zweite ähnliche Kammer *C* durch das Rohr *d* mit *B* verbunden, damit bei zu raschem Gange der Operation ein Theil des kohlensauren Ammoniaks, welcher der Verdichtung entgangen sein könnte, hier zurückgehalten wird. Die zweite Kammer ist endlich noch mit einem großen cylindrischen Behälter verbunden, in welchen die Gase unten einströmen und dort durch eine hohe Schicht von Bimstein oder Kohks, welche mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet sind, passiren, um das freie Ammoniak abzugeben.

Die mit der Mischung von Salmiak oder schwefelsaurem Ammoniak und Kreide gefüllten Retorten werden anfangs gelinde, nach und nach aber zum vollen Rothglühen erhitzt, wobei sich das Salz verflüchtigt und sich in den Kammern an den Wänden absetzt. Nachdem alles Ammoniak ausgetrieben ist, öffnet man die Retorten, läßt sie erkalten und beschickt sie von Neuem, nachdem man das zurückbleibende Chlorcalcium oder den schwefelsauren Kalk herausgeschafft hat. Die Kammern brauchen nicht nach jeder Sublimation entleert zu werden, man kann das Salz darin lassen, bis dieses eine Kruste von einigen Zoll Stärke gebildet hat. Es ist dagegen aber auch nicht vortheilhaft, wenn man die Salzkruste allzu stark werden läßt, weil sie sonst bei ihrer großen Härte sich nicht gut herausschaffen lassen würde und weil das Salz als schlechterer Wärmeleiter die Abkühlung der Dämpfe zu sehr erschweren würde. Bei mäßig starken Salzkrusten genügen gewöhnlich einige Schläge an die Außenwände der Kammer, um sie in Stücken abfallen zu lassen.

Fig. 110.



Bei Anwendung reiner Materialien, also von Salmiak, dem nicht mehr viel theerartige Stoffe anhängen, erhält man meist ein reines weißes Sublimat. Dasselbe wird dann nur an den Stellen, welche mit der Bleiwand in unmittelbarer Berührung waren, etwas abgeschabt und sofort in den Handel gebracht.

Sollte das Salz aber nicht genügend rein sein, so muß es zum zweiten Male sublimirt werden. Dieses geschieht in den eisernen Töpfen D, auf welche kurze unten und oben offene Bleicylinder gesetzt werden, die aus einer Platte zusammengebogen werden, ohne die Fuge zu verlöthen. Auf dieselben legt man eine Bleiplatte oder einen schwach gebogenen Deckel und verklebt dann die Fugen mit Papier. Die Töpfe werden durch das abgehende Feuer des Retortenofens entweder direct geheizt, oder zweckmäßiger verwendet man die Hitze dazu, ein Wasserbad zu erwärmen, in welches die Töpfe eingehängt werden. Man läßt dann die Temperatur des Wassers nicht über 70° C. steigen, da dieses zur Verflüchtigung des Salzes genügt und man bei langsamer Sublimation ein schöneres Präparat erhält und dabei den geringsten Verlust erleidet. Nach beendigter Operation läßt man die Apparate erkalten, schabt die Papierstreifen, welche die Fugen dichteten, ab und kann dann leicht die Bleiplatten aus einander rollen, um das Salz herauszunehmen.

Bei jeder Sublimation des kohlensauren Ammoniaks findet eine Zersetzung Statt, indem Ammoniak entweicht, welches bei der Anwendung der Töpfe nicht condensirt werden kann. Man sollte daher immer möglichst reine Rohmaterialien anwenden, um in einer Operation eine verkäufliche Waare zu erhalten, und lieber den Salmiak einmal umkrystallisiren, um diesen von den ihm anhängenden theerartigen Substanzen zu befreien.

Bei der Destillation der Knochen gewinnt man einen Theil des kohlensauren Ammoniaks in fester Form, welches sich als Sublimat in dem Innern der Kühlfässer anlegt; es ist aber höchst unrein und enthält namentlich große Mengen von theer- und ölartigen Substanzen. Man kann dieses auf zweierlei Weise verwerthen. Indem man es mit Holzkohle mischt und einer einzigen Sublimation unterwirft, erhält man das Ammonium carbonicum pyrooleosum der Pharmakopöen. Hat man für dieses keinen Absatz, so wiederholt man die Sublimation mit Holz- oder Knochenkohle so lange, bis das Salz keinen empyreumatischen Geruch mehr hat, es ist dann reines kohlensaures Ammoniak.

Um eine Lösung von kohlensaurem Ammoniak zu bereiten, kann man das Destillat des rohen Ammoniakwassers anwenden. Dieses enthält neben freiem und kohlensaurem Ammoniak namentlich Schwefelammonium, welches für manche Zwecke schädlich ist. Um dieses zu zersetzen, leitet Laming einen Strom Kohlensäuregas in die Flüssigkeit und entwickelt dieses, indem er einen Theil Kohle mit zwölf Theilen Kupferoxyd mischt und in einer eisernen Retorte erhitzt. Das Gas wird, ehe es in die Ammoniakflüssigkeit gelangt, gewaschen, zersetzt dann das Schwefelammonium unter Abscheidung von Schwefel und Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas und bildet kohlensaures Ammoniak. Der in der Retorte bleibende Rückstand ist fein vertheiltes metallisches Kupfer. Dieses wird wieder in Oxyd verwandelt,

indem man die Thüren der Retorte, welche noch rothglühend sind, öffnet und der Luft Zutritt gestattet. Nachdem es wieder durch und durch schwarz geworden ist, kann es immer wieder von Neuem zur Bildung von Kohlensäure benutzt werden. Eine solche Lösung kann für manche Zwecke vortheilhaft verwendet werden, wenn dieses in der Nähe der Fabrik thunlich ist, da sonst die Transportkosten leicht höher werden, als der Werth der Flüssigkeit ist.

Crane und Julien stellen das kohlensaure Ammoniak, Ammoniakgas oder Cyanammonium dar, indem sie irgend ein Oxyd des Stickstoffs mit Kohlenwasserstoffgasen über einen solchen Körper leiten, der durch seine Contactwirkung die Verbindung veranlassen kann. Hierzu eignet sich Platinschwamm am besten, man kann aber auch mit Platinblech umwickelten Asbest oder sonstige poröse Körper anwenden. Diese Materialien werden in eine Röhre gebracht, die bis zu 300 bis 350° C. erhitzt ist. Dieser Wärmegrad ist erforderlich, um die Zersetzung der Gase zu bewirken und um zu verhindern, daß das Salz sich nicht in dem Rohre ansetze und es verstopfe. Das Salz wird in irgend einem Condensationsapparate gesammelt. Die daraus nicht verdichteten Gase werden durch eine Lösung eines Eisensalzes oder durch Ammoniak getrieben, um die gleichzeitig gebildete Cyanwasserstoffsäure zu absorbiren.

Das kohlensaure Ammoniak ist eine weiße, spröde Masse von sehr feinkörnigem Bruche und kommt gewöhnlich im Handel in durchscheinenden Kuchen von ungefähr zwei Zoll Dicke vor. Es löst sich bei 13° C. in 4 Theilen, bei 17° C. in 3,3, bei 32° C. in 2,7, bei 40° C. in 2,4 und bei 49° C. in 2 Theilen Wasser.

An der Luft findet eine Zersetzung der Lösung sowohl wie des Salzes Statt. Es entweicht ein Theil des Ammoniaks und der Kohlensäure und doppelt kohlensaures Ammoniumoxyd bleibt dann zurück. Das Salz besteht nach Analysen von Rose aus:

	Atomgewicht.	Theorie.	Rose. I.	Rose. II.
3 Aeq. Kohlensäure	66	55,93	50,55	53,4
2 „ Ammoniak	34	28,81	28,66	30,7
2 „ Wasser	18	15,26	20,79	15,9
	118	100,00	100,00	100,0

Die von Rose gefundenen Zahlen weichen ziemlich weit von der nach der Formel berechneten Zusammensetzung ab, was wohl davon herrührt, daß dem Salz immer noch andere Verbindungen von Ammoniumoxyd und Kohlensäure beigemischt sind. Die Analyse I. stimmt fast genau mit der Formel $3\,NH_4O \, . \, 4\,CO_2$ überein, welche verlangt 50,3 Kohlensäure, 29,1 Ammoniak, 20,6 Wasser, man könnte es demnach betrachten als eine Verbindung von 1 Aeq. neutralem mit 1 Aeq. saurem kohlensaurem Ammoniak $\left.\begin{matrix}\overset{''}{C_2O_2}\\2\,NH_4\end{matrix}\right\}O_4 + \left.\begin{matrix}\overset{''}{C_2O_2}\\H.NH_4\end{matrix}\right\}O_4$.

Nach Rose ist das ursprüngliche Salz, welches man beim Erhitzen des Salmiaks mit Kreide erhält, die reine anderthalbfach kohlensaure Verbindung, bei der zweiten Sublimation soll ein $^5/_4$ kohlensaures Salz entstehen von folgender Zusammensetzung:

	Atomgewicht.	Berechnet.
4 Aeq. Ammoniak	68	31,78
5 „ Kohlensäure	110	51,40
4 „ Wasser	36	16,82
	214	100,00

Die Verunreinigungen des käuflichen kohlensauren Ammoniaks bestehen aus organischen Substanzen und kleinen Mengen der Rohstoffe, aus denen das Salz dargestellt ist.

Die organischen Substanzen entdeckt man, indem man einen Theil des Salzes in Wasser auflöst, an der bräunlichen Färbung der Lösung.

Eine andere Probe löst man in Wasser, fügt darauf so viel verdünnte Salpetersäure hinzu, bis die Flüssigkeit schwach sauer reagirt, und prüft einen Theil derselben mit salpetersaurem Silberoxyd, den anderen mit Chlorbarium. Eine weiße Trübung oder Niederschlag zeigt in dem ersten Theile die Gegenwart von Chlorverbindungen, in dem zweiten von schwefelsauren Salzen an.

Auf Kalk prüft man, indem man die Lösung mit oxalsaurem Ammoniak versetzt. Der, namentlich nach einigem Stehen eintretende Niederschlag besteht dann aus oxalsaurem Kalk.

Metalle werden in der wäßrigen Lösung durch Schwefelwasserstoff angezeigt.

Unterschwefligsaure Salze, die sich namentlich leicht finden, wenn man statt Salmiak schwefelsaures Ammoniak angewandt hat, werden entdeckt, indem man das Salz in verdünnter Essigsäure auflöst und mit salpetersaurem Silberoxyd vermischt. Ein weißer oder grauer Niederschlag, der in einigen Augenblicken schwarz wird, deutet auf unterschwefligsaure Salze.

Auf einem blanken Platinblech muß das kohlensaure Ammoniak, wie alle reinen Ammoniaksalze, ohne irgend einen Rückstand zu hinterlassen, verdampfen.

Essigsaures Ammoniak, $NH_4O \, . \, C_4H_3O_3$ oder $\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\NH_4\end{matrix}\right\}O_2$. Eine Lösung dieses Salzes erhält man durch Neutralisation von destillirtem Essig mit kohlensaurem Ammoniak. Diese Lösung wird unter dem Namen Spiritus Mindereri oder Liquor Ammonii acetici als Medicament benutzt. Durch Verdampfen läßt sich aus der Lösung das feste Salz nicht abscheiden, da sie beim Erhitzen unter Entweichen von Ammoniak zersetzt wird, während eine Verbindung des neutralen Salzes mit Essigsäure zurückbleibt. Man erhält das neutrale Salz nur, indem man krystallisirte Essigsäure so lange Ammoniakdämpfen aussetzt, bis sie nichts mehr aufnimmt. Es bildet so eine weiße, in Wasser und Alkohol in jedem Verhältniß lösliche Salzmasse. Eine höchst interessante Zersetzung erleidet das Salz, wenn es mit Phosphorsäureanhydrid erwärmt wird. Durch die große Affinität dieses Anhydrids zum Wasser werden die vier Atome Sauerstoff des Salzes veranlaßt, sich mit vier Atomen Wasserstoff zu Wasser zu verbinden, und es geht das essigsaure Ammoniak dann in Cyanmethyl über, indem vier Atome Wasser austreten, nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{NH_4O \, . \, C_4H_3O_3}_{\text{Essigsaures Ammoniak.}} = \underbrace{C_2H_3 \, . \, C_2N}_{\text{Cyanmethyl.}} + \underbrace{4\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

Oder:

$$\left.\begin{matrix} C_4H_3O_2 \\ NH_4 \end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix} C_2H_3 \\ C_2N \end{matrix}\right\} + 4\,HO.$$

Mit Essigsäure bildet das neutrale Salz eine Verbindung von constanter Zusammensetzung, die man als saures Salz bezeichnen könnte. Sie entsteht, indem man essigsaures Kali mit Salmiak erhitzt, unter Entweichen von Ammoniak:

$$\underbrace{2\,KO \, . \, C_4H_3O_3}_{\text{Essigsaures Kali.}} + \underbrace{2\,NH_4Cl}_{\text{Salmiak.}} = \underbrace{(NH_4O \, . \, C_4H_3O_3 + HO \, . \, C_4H_3O_3)}_{\text{Saures essigsaures Ammoniak.}} + \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{2\,KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Oder:

$$2 \left.\begin{matrix} C_4H_3O_2 \\ K \end{matrix}\right\} O_2 + 2 \left.\begin{matrix} NH_4 \\ Cl \end{matrix}\right\} = \left(\left.\begin{matrix} C_4H_3O_2 \\ NH_4 \end{matrix}\right\} O_2 + \left.\begin{matrix} C_4H_3O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2 \right) + NH_3 + 2 \left.\begin{matrix} K \\ Cl \end{matrix}\right\}$$

Nimmt man die Zersetzung in einer Retorte vor, so destillirt das Salz als ölige Flüssigkeit, die in der Vorlage zu einer strahlig krystallinischen Masse erstarrt. Es schmilzt bei 76° C. und ist bei 120° C. unzersetzt sublimirbar. Setzt man es Ammoniakdämpfen aus, so verwandelt es sich in das neutrale Salz.

Bestimmung des Ammoniaks. Die quantitative Bestimmung des Ammoniaks kann man auf sehr verschiedene Weisen ausführen. Man kann das Ammoniak entweder als Salmiak oder als Ammoniumplatinchlorid wägen, oder man kann es volumetrisch durch Titriren mit einer Säure von bekanntem Gehalt bestimmen, oder endlich indem man die Eigenschaft der Ammoniaksalze, durch unterchlorigsaure Salze in Stickgas zersetzt zu werden, benutzt.

Reines Ammoniak, also Salmiakgeist, oder kohlensaures Ammoniak vermischt man mit Salzsäure bis zur stark sauren Reaction und verdampft in einer gewogenen Platin- oder Porzellanschale im Wasserbade zur Trockne, erhitzt den Rückstand im Luftbade einige Stunden lang auf 100° und wägt den Salmiak. 1 Aeq. Salmiak oder 53,5 Gew.-Th. entspricht 1 Aeq. oder 17 Gew.-Th. Ammoniak.

Vor der Anwendung dieser Methode hat man sich zu überzeugen, ob die Substanzen völlig frei sind von allen nicht flüchtigen Bestandtheilen, da diese sonst im Rückstande verbleiben und das Gewicht des Salmiaks erhöhen würden. Eine kleine Probe des Salmiakgeistes auf einem Uhrglase oder in einem Platinschälchen zur Trockne verdampft, muß sich vollkommen verflüchtigen, ohne irgend einen Rückstand zu hinterlassen.

Die Bestimmung des Ammoniaks als Salmiak ist vollkommen genau, mit ihrer Ausführung ist jedoch die Unannehmlichkeit verbunden, daß die salmiakhaltige Flüssigkeit die Eigenschaft hat, beim Verdampfen leicht einen Theil des Salzes effloresciren zu lassen, wobei, wenn man nicht sehr geräumige Schalen anwendet, Verlust eintreten kann, indem das Salz förmlich über den Rand der Schale fortkriecht. Man darf daher die Schale nicht zu weit mit der Flüssigkeit füllen und thut am besten, sie nicht viel mehr als halb voll zu machen. Hat man größere Mengen von Flüssigkeit, so verdampft man diese zuerst in einer größeren Schale bis zur Trockne, nimmt den Salmiak, so weit es gehen will, mit einem Platinspatel heraus, trocknet und wägt diesen für sich und spült dann erst den Rückstand in der Schale mit möglichst wenig Wasser in eine kleine Schale und verdampft dieses besonders zur Trockne. Das Gewicht dieses Rückstandes zu dem der Hauptmenge hinzu addirt giebt die Gesammtmenge des Salmiaks.

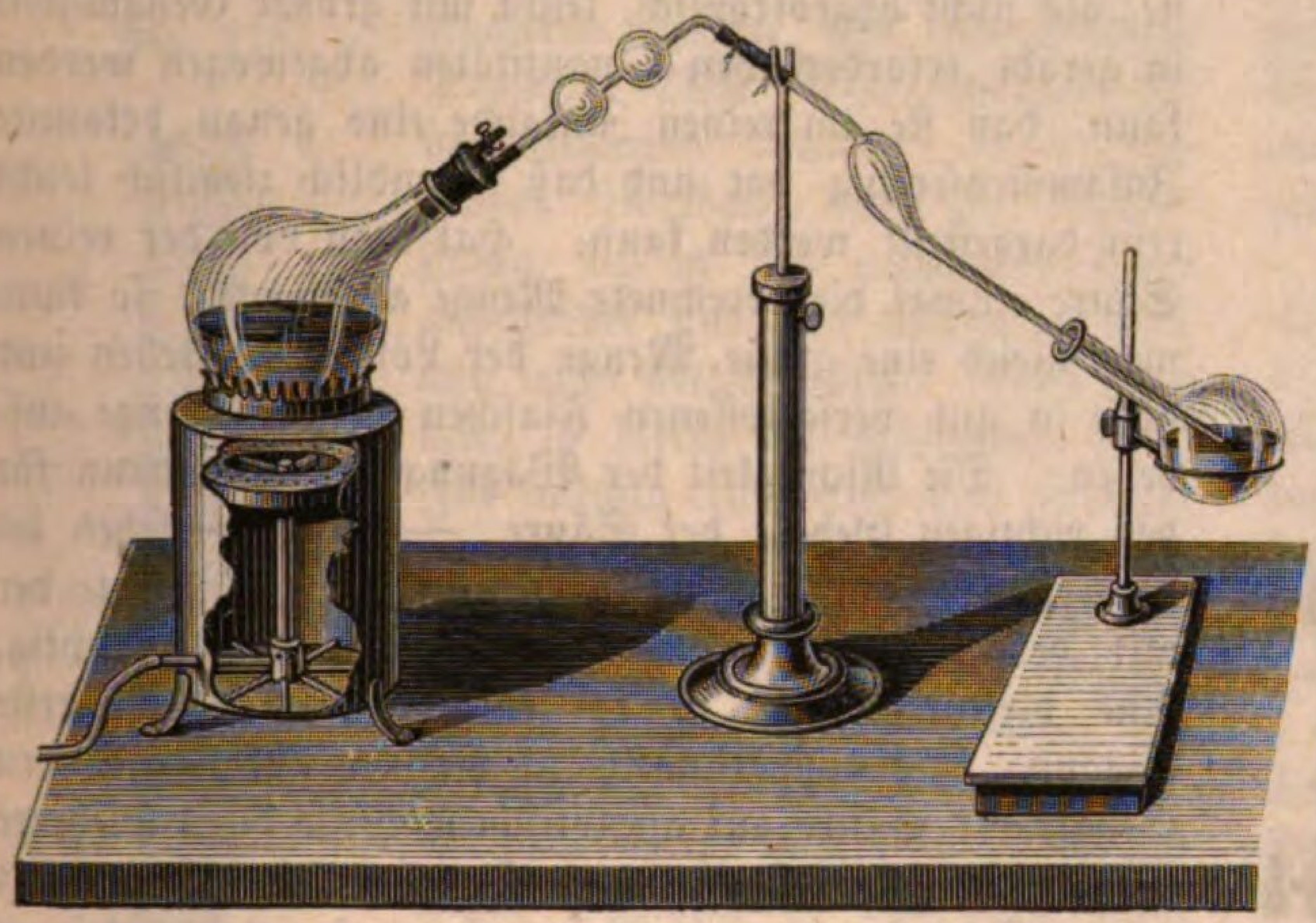
Zur Bestimmung des Ammoniaks als Ammoniumplatinchlorid macht man die Flüssigkeit mit Salzsäure stark sauer, fügt einen Ueberschuß von Platinchlorid hinzu, wodurch ein citronengelber Niederschlag von Ammoniumplatinchlorid entsteht, und verdampft zur Trockne, weil das Ammoniumplatinchlorid oder Platinsalmiak in Wasser nicht ganz unlöslich ist. Die trockne Masse wird mit einer Mischung von 3 Th. Alkohol von 80 Proc. und 1 Th. Aether übergossen und hiermit auf ein bei 100° getrocknetes und gewogenes Filter gespült. Das Filtrat muß deutlich gelb gefärbt sein, zum Beweise daß in dem trocknen Rückstande ein Ueberschuß von Platinchlorid zugegen war; das Platinchlorid löst sich leicht in dieser Mischung von Alkohol und Aether, während der Platinsalmiak darin unlöslich ist. Der Niederschlag wird auf dem Filter vollständig ausgewaschen, dann bei 100° getrocknet und gewogen. Die Zusammensetzung des Platinsalmiaks entspricht der Formel $PtCl_2 \, . \, NH_4Cl$. 1 Aeq. oder 223,5 Gew.-Th. entspricht daher 1 Aeq. oder 17 Gew.-Th. Ammoniak. Zur Controle der Analyse kann man den Platinsalmiak durch Glühen zersetzen, wobei reines Platin zurückbleibt. Das Filter mit dem trocknen und gewogenen Niederschlage bringt man in einen gewogenen Porzellantiegel, erhitzt darin anfangs bei aufgelegtem Deckel sehr vorsichtig bis zur Verkohlung des Filters, dann öffnet man den Tiegel, läßt die Kohle vollständig verbrennen und steigert darauf die Hitze soweit wie irgend möglich. Würde man gleich von vorn herein rasch erhitzen, so würde die Zersetzung des Salzes so plötzlich vor sich gehen, daß ein Theil desselben durch die sich entwickelnden Gase aus dem Tiegel geschleudert werden würde. Gegen das Ende muß dagegen eine möglichst starke Hitze gegeben werden, weil sich sonst leicht ein Theil des Salzes der vollständigen Zersetzung entzieht. Den noch glühenden Tiegel bringt man neben Schwefelsäure oder Chlorcalcium unter eine Glasglocke und läßt ihn so in einer trocknen Atmosphäre erkalten, worauf man sein Gewicht bestimmt. 1 Aeq. oder 99 Gew.-Th. Platin entspricht 1 Aeq. oder 17 Gew.-Th. Ammoniak. Bei richtiger Ausführung der Analyse muß die nach dem Gewichte des Platinsalmiaks und die nach dem Gewichte des Platins berechnete Menge des Ammoniaks übereinstimmen.

Hat man außer dem Ammoniak noch andere Körper in Lösung, so ist die directe Bestimmung als Salmiak nie und die Bestimmung als Platinsalmiak nur selten anwendbar. Man thut dann am besten, das Ammoniak

durch Destillation mit Aetznatron oder mit Kalkmilch aus der Verbindung abzuscheiden und das gasförmige Ammoniak mit dem Wasserdampfe in eine Säure zu leiten, um es dann als Salmiak oder als Platinsalmiak zu bestimmen.

Der in Fig. 111 dargestellte Apparat eignet sich für die Destillation des Ammoniaks sehr gut. Er besteht aus einer Kochflasche von nahezu 1 Liter Inhalt, die mit einer zweihalsigen Kautschukkappe verschlossen ist. Auf

Fig. 111.



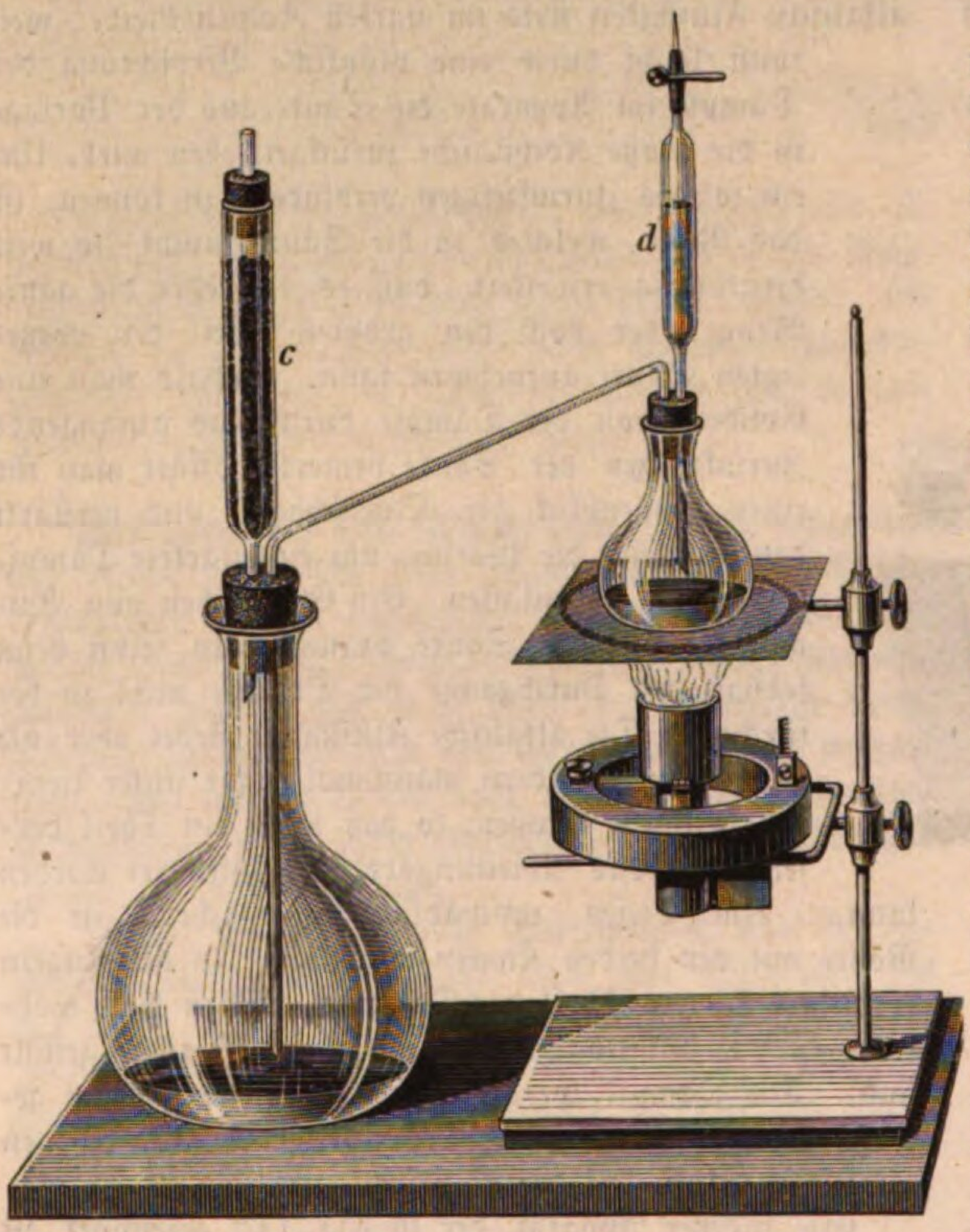
den einen Hals der Kautschukkappe ist ein Quetschhahn geklemmt, die andere trägt eine am oberen Ende knieförmig gebogene Kugelröhre, mit der ein Glasrohr, welches zweckmäßig in der Mitte birnförmig erweitert ist, verbunden ist. Dieses taucht in eine kleine Flasche mit Salzsäure. Man bringt zunächst die zu untersuchende Flüssigkeit in die große Kochflasche, fügt so viel verdünnte Natronlauge zu, bis dieselbe stark alkalisch reagirt und jedenfalls so viel Natron zugegen ist, daß alle Ammoniaksalze dadurch zersetzt werden. Nun fügt man den Apparat zusammen und erhitzt zum Kochen. Zuerst entweicht die im Apparate enthaltene Luft, welche in Blasen durch die Säure geht, bald darauf kommen Wasserdämpfe und Ammoniakgas. Beide verdichten sich anfangs vollständig in der kalten Säure, bald wird diese aber durch den Wasserdampf so weit erhitzt, daß sie selbst siedend heiß wird. Der Wasserdampf geht dann, bei fortgesetztem starkem Kochen der Flüssigkeit in der Kochflasche, bald unverdichtet durch die Säure, während alles Ammoniak von derselben zurückgehalten wird. Nachdem die Flüssigkeit etwa eine Stunde lang ununterbrochen gekocht hat, kann man annehmen, daß alles Ammoniak ausgetrieben ist. Um sich davon zu überzeugen, öffnet man den Quetschhahn an dem einen Halse der Kautschukkappe auf einen Augenblick und läßt die Dämpfe gegen ein feuchtes geröthetes Lackmuspapier oder gegen ein mit salpetersaurem Quecksilberoxydul getränktes Papier strömen; wird ersteres nicht mehr blau und letzteres nicht mehr schwarz gefärbt, so ist in den Dämpfen kein Ammoniak mehr enthalten. Man entfernt dann den Quetschhahn ganz, nimmt die Lampe fort, zieht das in die Säure eintauchende Glasrohr aus der Kautschukverbindung und spült es mit Wasser ab, wobei man die Flüssigkeit in die Säure fließen läßt. Die Flüssigkeit, welche nach beendigter Operation noch stark sauer reagiren muß, enthält alles Ammoniak in der Form von Salmiak. Man kann darin den Salmiak entweder durch Verdampfung für sich oder als Platinsalmiak bestimmen.

Die Operation läßt sich mit diesem Apparate sehr gut ausführen, man hat nur dafür zu sorgen, daß die alkalische Flüssigkeit stets im starken Kochen bleibe, weil sonst leicht durch eine plötzliche Verdichtung der Dämpfe im Apparate die Säure aus der Vorlage in die große Kochflasche zurückgetrieben wird. Um ein solches Zurücksteigen verhindern zu können, ist das Rohr, welches in die Säure taucht, so weit birnförmig erweitert, daß es entweder die ganze Menge oder doch den größten Theil der vorgelegten Säure aufnehmen kann. Sobald man eine Condensation der Dämpfe durch das anfangende Zurücksteigen der Säure bemerkt, öffnet man für einen Augenblick den Quetschhahn und verstärkt dann zugleich die Wärme, um eine stärkere Dampfbildung zu veranlassen. Ein Entweichen von Ammoniak aus der Säure braucht man selbst beim lebhaftesten Durchgange der Dämpfe nicht zu befürchten. Die alkalische Flüssigkeit siedet aber nie ganz ruhig, sondern manchmal sogar unter ziemlich heftigem Stoßen, so daß leicht ein Theil derselben in das Ableitungsrohr geschleudert werden kann. Um dieses unschädlich zu machen, ist die Röhre mit den beiden Kugeln vorgelegt. In den Kugeln verdichtet sich ein Theil des Dampfes, so daß diese während der Destillation immer halb mit Wasser gefüllt sind. Die Dämpfe werden daher in diesen Kugeln gewaschen und lassen jedes Tröpfchen der mitgerissenen alkalischen Flüssigkeit darin zurück.

Ein anderer Apparat, der in Fig. 112 gezeichnet, ist von Mohr empfohlen. Die zu untersuchende Probe wird in ein kleines Kochfläschchen gebracht, welches mit einem luftdicht schließenden Kork und einer abwärts gebogenen Glasröhre mit einer größeren, einen Liter fassenden Flasche verbunden ist. Durch den Kork der kleinen Kochflasche geht außerdem die dünne Röhre einer oben mit einem Quetschhahn verschlossenen, mit concentrirtem Aetznatron gefüllten Pipette *d*. Der Kork der großen Flasche faßt außer der Ableitungsröhre der Dämpfe ein unten zu einer Spitze ausgezogenes weites Glasrohr, das mit Bimsteinstückchen gefüllt ist. Durch dieses Rohr gießt man so viel Salzsäure in die große Flasche, daß der Boden derselben davon bedeckt ist, und vertheilt durch Umschwenken die Säure möglichst an den Wänden der Flasche. Der Stand der Säure in der Flasche soll aber nicht so hoch sein, daß das Ableitungsrohr in dieselbe eintaucht. Durch Oeffnen des Quetschhahns auf der Pipette *d* läßt man Natronlösung in die kleine Flasche fließen und erhitzt nun zum Kochen. Die Wasserdämpfe werden in dem Ableitungsrohr und an den Wänden der großen Flasche verdichtet und absorbiren dabei den größten Theil des Ammoniaks; die geringe Menge des Ammoniaks, welche nicht vom Wasser aufgenommen wird, wird sofort von der Säure in der großen Flasche aufgenommen, ein Rest von Ammoniakgas wird sicher in den

mit Säure getränkten Bimsteinstückchen der Röhre *c* zurückgehalten. Nachdem durch hinreichend langes Kochen alles Ammoniak ausgetrieben ist, soll man den Apparat noch eine Stunde lang stehen lassen, damit alles Ammoniakgas in der großen Flasche sicher absorbirt werde. Dann nimmt man die kleine Flasche fort, spült durch das

Fig. 112.



Rohr *c* so viel Wasser in die große Flasche, bis alle Säure aus den Bimsteinstückchen verdrängt ist, spült endlich noch das Ende der Ableitungsröhre ab und bestimmt dann den Ammoniakgehalt in der sauren Flüssigkeit als Salmiak oder als Platinsalmiak.

Dieser Apparat gewährt allerdings den Vortheil, daß kein Zurücksteigen der Säure zu befürchten ist, man kann daher die Operation jeden Augenblick unterbrechen und sie später beenden. Es ist aber der Nachtheil damit verbunden, daß man sich gegen ein Ueberspritzen der alkalischen Flüssigkeit nicht schützen kann. Jedes Tröpfchen der alkalischen Flüssigkeit, welches durch die Dämpfe in das Ableitungsrohr getrieben wird, gelangt unfehlbar in die Säure und macht das Resultat ungenau.

Ist die Bestimmung des Ammoniaks als Salmiak wegen des Efflorescirens der verdampfenden Lösungen unbequem, so ist die Bestimmung als Platinsalmiak nicht viel besser, wegen des Trocknens des Filters und des Niederschlages und der wiederholten Wägungen, wobei bei der hygroskopischen Eigenschaft des Papiers leicht nicht unbedeutende Irrthümer eintreten können. Man hat daher diese Methoden fast allgemein verlassen und bestimmt das Ammoniak jetzt meist maßanalytisch, wobei man durchaus genaue Resultate erhält. Die Methode beruht darauf, daß 1 Aeq. Ammoniak genau 1 Aeq. jeder einbasischen Säure sättigt und sich damit zu einem neutral reagirenden Salz verbindet. Hat man daher reines Ammoniak oder ein solches Ammoniaksalz, dessen Säure von einer anderen Säure ausgetrieben und verflüchtigt wird, so braucht man nur die Menge einer Säure und deren Gehalt zu bestimmen, welche zur Neutralisation des Ammoniaks erforderlich ist, um darnach den Gehalt berechnen zu können.

Als Säure, nach der der Ammoniakgehalt gemessen wird, bedient man sich entweder der Oxalsäure oder der Schwefelsäure. Die Oxalsäure bietet den Vortheil, daß sie, als nicht hygroskopisch, leicht mit großer Genauigkeit in gerade erforderlichen Quantitäten abgewogen werden kann, daß sie im reinen Zustande eine genau bekannte Zusammensetzung hat und daß sie endlich ziemlich leicht rein dargestellt werden kann. Hat man von der reinen Säure einmal die berechnete Menge abgewogen, so kann man gleich eine große Menge der Lösung darstellen und diese in gut verschlossenen Flaschen beliebig lange aufheben. Die Richtigkeit der Wägung garantirt dann für den richtigen Gehalt der Säure, — jedes Versehen bei der ersten Wägung macht aber auch alle Resultate der mit der Probesäure ausgeführten Analysen unrichtig. Aus diesem Grunde ist es sehr anzurathen, die erste Wägung nur approximativ zu machen und später den Gehalt der Säure auf analytischem Wege durch mehrere Controlversuche festzustellen. Da aber keine Säure mit solcher Schärfe und zugleich mit so großer Leichtigkeit zu bestimmen ist, wie die Schwefelsäure, so ist diese wohl für alle Versuche bei denen es auf absolute Genauigkeit der Resultate ankommt, der Oxalsäure vorzuziehen.

Als passende Concentration empfiehlt es sich, auf jeden Liter der darzustellenden Probesäure 12 Grm. reine destillirte Schwefelsäure abzuwägen. Will man gleich eine größere Menge darstellen, 20 oder 30 Liter, so wägt man zunächst dieses Multiplum von 12 Grm. Säure ab. Da man aber selten Mischgefäße von solchem Inhalte hat, so kann man auch die Mischung dem Gewichte nach vornehmen, ohne dabei das specifische Gewicht zu berücksichtigen. Zu dem Zwecke tarirt man auf einer empfindlichen Decimalwage ein Glasgefäß von entsprechendem Inhalt, belastet dann die Wage, wenn man 30 Liter Flüssigkeit darstellen will, mit 60 Pfund oder 30 Kilogramm und gießt so viel destillirtes Wasser ein, als nahezu erforderlich ist, dann arretirt man die Wage, giebt unter starkem Umschütteln die abgewogene Menge, also in diesem Falle 360 Grm. Schwefelsäure hinzu, spült das Gefäß, worin die Säure enthalten war, mit Wasser aus und stellt hiermit das richtige Gewicht her. Die Säure wird dann, nach nochmaligem gutem Vermischen, auf nicht zu große, mit gut eingeschliffenen Stöpseln versehene Flaschen gefüllt, die man bis auf eine, zum augenblicklichen Gebrauch dienende, an einem dem Temperaturwechsel nicht allzusehr ausgesetzten Orte verwahrt.

Da man von der Säure nur annähernd den Gehalt kennt, so ist dieser noch genau festzustellen. Zu dem Zweck bringt man einen Theil davon zunächst auf die für solche maßanalytische Operationen allgemein angenommene Normaltemperatur von 14° R. oder 17,5° C., mißt dann mit der Quetschhahnbürette (Fig. 113) genau

50 C.=C. davon ab, läßt diese in ein Becherglas fließen und wiederholt dieses drei Mal, so daß man drei Proben von je 50 C.=C. hat. Diese vermischt man mit etwas Salzsäure, verdünnt mit Wasser und erhitzt die Flüssigkeit bis zur Siedhitze, was, wenn man gute Gläser hat, über der Spirituslampe oder der Gasflamme, sonst im Wasserbade oder Sandbade geschehen kann. Zu der kochenden Flüssigkeit fügt man tropfenweis Chlorbarium, bis die letzten Tropfen keinen Niederschlag mehr hervorbringen, rührt mit einem Glasstabe kräftig um und filtrirt gleich siedend heiß durch bereitgehaltene Filter von schwedischem Papier. Diese heiße Fällung des schwefelsauren Baryts bietet den großen Vortheil, daß der Niederschlag sich in sehr compacter Form ausscheidet und sich ungemein rasch und leicht filtriren läßt. Fällt man kalt, so bleibt die Flüssigkeit lange Zeit milchig trübe und geht meistens beim Filtriren trübe durchs Filter, selbst in dem Falle, wenn man den Niederschlag durch längeres Stehen ganz klar hat absetzen lassen; es ereignet sich dann gewöhnlich, daß, nachdem die klare Flüssigkeit durchs Filter gegangen ist und man dann den Niederschlag hinzufügt, die ganze Bestimmung durch das Durchfließen des Niederschlages durch die Poren des Papiers verloren geht. Das klare Filtrat vermischt man, um sich zu überzeugen, daß die Gesammtmenge der Schwefelsäure gefällt ist, mit einem Tropfen Chlorbarium, der darin keine Trübung mehr hervorbringen darf. Der Rest des noch im Glase befindlichen Niederschlages wird dann mit heißem Wasser auf das Filter gespült und dieses dann mit kochendem Wasser so lange gewaschen, bis ein Tropfen des Filtrats weder sauer reagirt, noch beim Verdampfen auf einem blanken Platinblech auch nur eine Spur zurückläßt. Die drei Filter werden dann getrocknet und das Gewicht der Niederschläge bestimmt, indem man ein Filter mit dem Niederschlage in einem bedeckten Platintiegel so lange gelinde erhitzt, bis keine Dämpfe von dem verkohlenden Papier mehr aufsteigen, dann den Tiegel öffnet und bei Zutritt der Luft möglichst stark erhitzt, jedenfalls so lange, bis keine Spur der Filterkohle mehr zurückbleibt. Den Tiegel läßt man in einem Trockenapparate über Schwefelsäure oder Chlorcalcium erkalten und bestimmt dann das Gewicht seines Inhalts, welcher aus schwefelsaurem Baryt und der Asche des Filters besteht. Bei Anwendung von schwedischem Papier wird der Aschengehalt eines mäßig großen Filters selten mehr als 0,001 Grm. betragen, man bestimmt diesen ein für alle Mal, indem man ein einer gewissen Anzahl Filter von bestimmter Größe gleiches Gewicht Schnitzel des Filtrirpapiers verbrennt und die zurückbleibende Asche wägt. Das Gewicht dieser

Fig. 113.



Asche durch die Zahl der Filter, denen die angewandte Menge des Papiers entsprach, dividirt, giebt den Aschengehalt eines Filters. Dieser von dem Gewicht des Inhalts des Tiegels abgezogen, läßt die Menge des schwefelsauren Baryts finden, welcher der in 50 C.=C. der Probesäure enthaltenen Schwefelsäure entspricht. Bei genauem Arbeiten müssen alle drei Bestimmungen der Schwefelsäure eine gleiche Menge schwefelsauren Baryt liefern; sollte die größte Differenz mehr als 0,003 Grm. betragen, so sollte man die Bestimmungen lieber wiederholen, da es bei der Feststellung des Titers einer so großen Quantität von Probesäure vor Allem auf absolute Genauigkeit ankommt. Bei kleineren Differenzen nimmt man das arithmetische Mittel der drei Bestimmungen als richtig an.

Nach der gefundenen Menge des schwefelsauren Baryts berechnet man nun den Gehalt der Säure. 1 Aeq. schwefelsaurer Baryt entspricht 1 Aeq. Schwefelsäurehydrat, als einbasische Säure angenommen, also der Formel $HO.SO_3$; oder 116,5 Th. schwefelsaurer Baryt sind gleich 49 Th. Schwefelsäure und diese ist mit 1 Aeq. oder 17 Th. Ammoniak, mit 1 Aeq. oder 14 Th. Stickstoff, mit 1 Aeq. oder 47,2 Th. Kali, mit 1 Aeq. oder 31 Th. Natron gleichwerthig. Dieselbe Säure kann daher, wenn man einmal ihren Gehalt an Schwefelsäure festgestellt hat, für alle Bestimmungen dieser Körper dienen. Das Gewicht des aus 50 C.=C. der Säure erhaltenen schwefelsauren Baryts betrage z. B. 1,4313 Grm. Nach der Gleichung

$$116{,}5 : 49 = 1{,}4313 : x$$

findet man, daß die 50 C.=C. einen Gehalt von 0,602 Grm. $HO.SO_3$ entsprechen, oder daß 1 C.=C. $= \frac{0{,}602}{50} = 0{,}01204$ Grm. Schwefelsäure enthält. Da 49 Th. Schwefelsäure aber äquivalent mit 17 Th. Ammoniak, 14 Th. Stickstoff, 47,2 Th. Kali, 31 Th. Natron sind, so findet man den Werth eines C.=C. der Säure nach den Gleichungen

$49 : 17 = 0{,}01204 : x$ — $x = 0{,}00418$ Grm. Ammoniak,
$49 : 14 = 0{,}01204 : x$ — $x = 0{,}00344$ Grm. Stickstoff,
$49 : 47{,}2 = 0{,}01204 : x$ — $x = 0{,}01160$ Grm. Kali,
$49 : 31 = 0{,}01204 : x$ — $x = 0{,}00762$ Grm. Natron.

Außer der titrirten Säure gebraucht man in den meisten Fällen eine Natronlauge, die in ihrem Gehalt an Natron am besten der Säure äquivalent ist. Zur Darstellung derselben wendet man die Aetznatronlauge des Handels an. Da diese aber stets mehr oder weniger Kohlensäure enthält, welche die Schärfe der Reaction beeinträchtigt, so verdünnt man sie zuerst mit ihrem vierfachen Gewicht Wasser, erhitzt sie zum Sieden und fügt dann etwas Kalkmilch hinzu. Nach wenig Minuten wird alle Kohlensäure mit dem Kalk verbunden sein; um sich davon zu überzeugen, prüft man eine kleine Probe mit Säure. Die heiße Flüssigkeit wird mit dem darin befindlichen Niederschlage in eine mit Glasstöpsel zu verschließende Flasche gebracht. Auf diese Weise läßt sich die verdünnte Lauge lange Zeit aufbewahren, sie kann keine Kohlensäure aufnehmen, weil diese sich sofort mit dem noch überschüssigen Kalk verbinden würde. Nach dem vollständigen Erkalten nimmt man von der klaren

Flüssigkeit 10 C.=C. mittelst einer Pipette heraus, bringt sie in eine Porzellanschale, setzt etwas Lackmustinctur zu und läßt so viel von der Probesäure zufließen, bis die blaue Farbe gerade in Roth übergeht. Wenn nun z. B. die 10 C.=C. Natron 12 C.=C. Säure erfordert hätten, so müßten die 10 C.=C. Natron mit 2 C.=C. Wasser gemischt werden, um der Normalsäure zu entsprechen. Man wird dann, um gleich eine größere Quantität Lösung zu bereiten, 1 Liter oder 1000 C.=C. davon abmessen und 200 C.=C. Wasser zugeben. Um aber ganz sicher zu gehen, nimmt man nicht gleich die ganze Menge des Wassers, sondern etwas weniger, vielleicht 180 C.=C. Nachdem man durch Umschütteln die Flüssigkeit gemischt hat, füllt man eine zweite Bürette mit der Natronlösung, läßt nun eine größere Quantität Normalsäure, z. B. 100 C.=C., in die Porzellanschale fließen, färbt mit Lackmus roth und giebt dann aus der zweiten Bürette so viel Natron zu, bis die rothe Farbe gerade in Blau übergeht. Sind dazu z. B. 99 C.=C. Natron gebraucht, so muß zu 99 C.=C. Natronlösung noch 1 C.=C. Wasser gefügt werden, um sie richtig zu stellen. Man füllt dann die Literflasche bis zur Marke mit Natronlösung, nimmt mit einer Pipette genau 10 C.=C. heraus und füllt wieder mit Wasser auf. Die so richtig gestellte Natronlösung ist einem ihr gleichen Volum Probesäure gleichwerthig.

Zum Abmessen der Flüssigkeiten bedient man sich bei der Analyse getheilter Röhren, **Büretten**, denen man sehr verschiedene Formen gegeben hat. Die zweckmäßigste Construction derselben ist die von **Mohr** angegebene, in Fig. 113 und 115 dargestellte. Sie besteht aus einer geraden Röhre, die unten so weit verengt ist, daß man eine Kautschukröhre von der Weite einer Federspule darüberschieben kann, in die letztere ist ein kurzes, zu einer feinen Spitze ausgezogenes Glasröhrchen gesteckt. Die Kautschukröhre kann mittelst eines Quetschhahns von Messingdraht so zusammengeklemmt werden, daß sie die Röhre vollständig verschließt, während bei dem geringsten auf den Quetschhahn ausgeübten Druck die Flüssigkeit tropfenweis oder bei stärkerem Druck im Strahl abfließt. Die Theilung der Röhren muß sich nach dem Zweck, wozu sie bestimmt sind, richten; zur Prüfung technischer Präparate, in Fabriken wird man am besten große Büretten von 100 C.=C. Inhalt anwenden, die dann in Abtheilungen von 1 C.=C. getheilt sind, an denen man dann noch halbe Procente mit größter Genauigkeit ablesen kann. Für genauere Untersuchungen bedient man sich gewöhnlich kleinerer Büretten, auf deren Scala 0,2 C.=C. aufgetragen sind, so daß man also 0,1 C.=C. ablesen kann.

Hat man häufig derartige Untersuchungen auszuführen, so bestimmt man am besten zwei Büretten ausschließlich zu diesem Gebrauch und giebt ihnen die in Fig. 114 gezeichnete Form. Sie unterscheiden sich von den anderen nur im oberen Theil, weshalb der untere Theil auch in der Zeichnung fortgelassen ist. Statt der vollen Oeffnung, durch welche man bei den anderen Büretten die Flüssigkeit mittelst eines Trichters eingießt, sind an diesen oben zwei Röhren angesetzt. Etwas höher als der höchste Punkt der Bürette steht eine geräumige, mit der Probeflüssigkeit gefüllte Flasche, deren Hals mit einem dreimal durchbohrten Kork geschlossen ist. Durch die eine Oeffnung des Korks ist ein Glasheber gesteckt, dessen kürzerer Schenkel bis zum Boden der Flasche reicht; der längere Schenkel ist durch ein Stückchen Kautschukrohr, welches mit einem Quetschhahn geschlossen werden kann, mit dem seitlichen Röhrenansatz der Bürette verbunden. Die zweite Oeffnung des Korks umfaßt ein kurzes Glasröhrchen, von dem ein Kautschukrohr zur mittleren Röhre der Bürette geht. In der dritten Oeffnung endlich ist eine kurze, zu einer feinen Spitze ausgezogene Glasröhre angebracht; auf der Natronflasche ersetzt man dieses Röhrchen durch ein

Fig. 114.



Fig. 115.

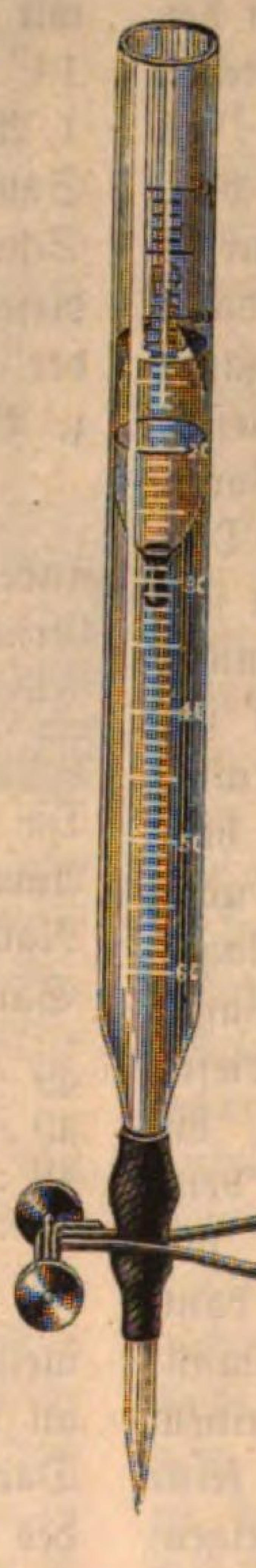
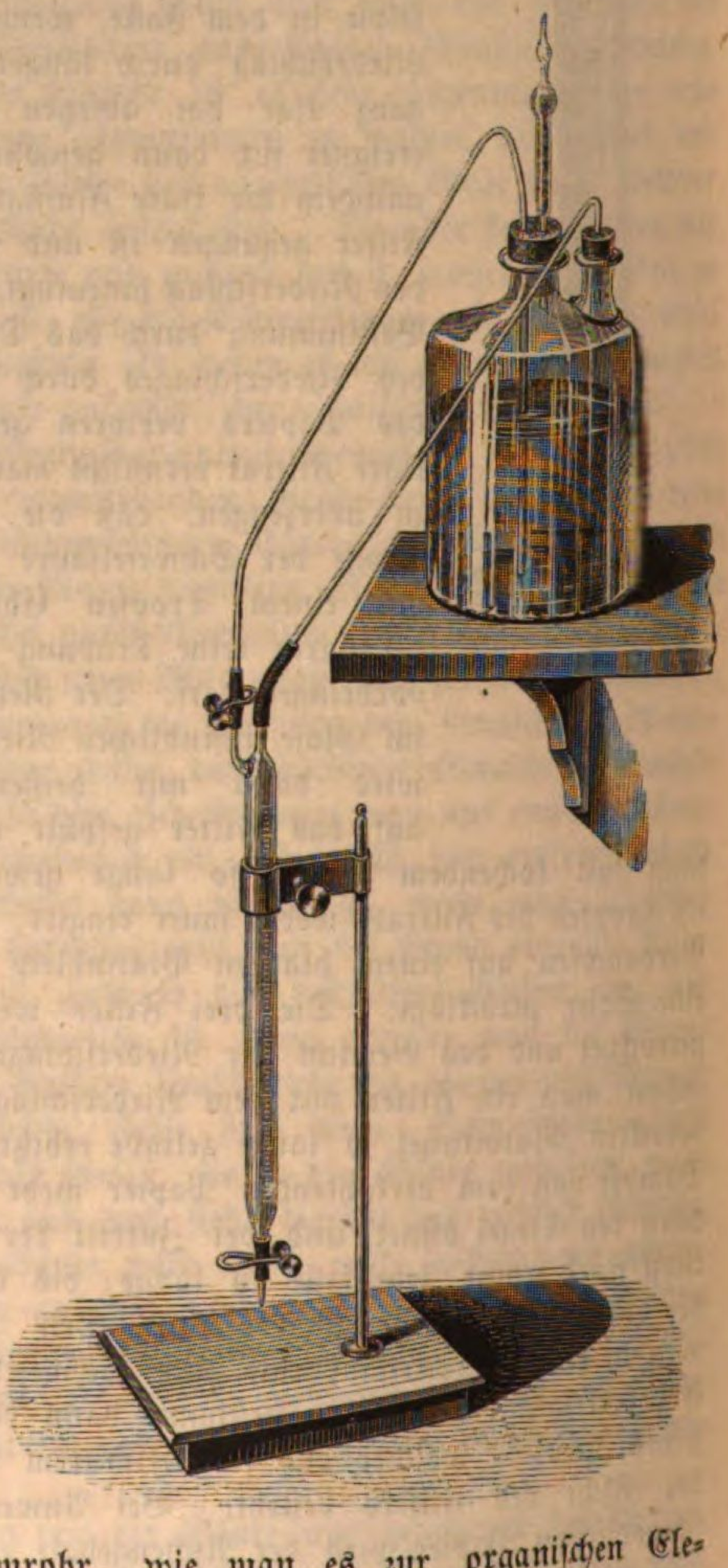


Fig. 116.



Chlorcalciumrohr, wie man es zur organischen Elementaranalyse gebraucht, welches aber mit einem eingetrockneten Gemenge von Glaubersalz und Aetzkalk gefüllt ist, um die eintretende Luft von Kohlensäure zu befreien. Die ganze Vorrichtung ist in Fig. 116 dargestellt. Sobald man den Quetschhahn zwischen dem

Heber und der Bürette öffnet, füllt sich die letztere mit Flüssigkeit, während die darin enthaltene Luft durch die Kautschukröhre in die Vorrathsflasche entweicht. Läßt man die Flüssigkeit aus der Bürette abfließen, so dringt ein entsprechendes Luftvolum durch das Kalkglaubersalzrohr oder durch das in eine feine Spitze ausgezogene Rohr in die Vorrathsflasche und von dort durch das Kautschukrohr in die Bürette. Die Vorzüge dieser Einrichtung bestehen darin, daß die Bürette außerordentlich leicht gefüllt werden kann, daß große Quantitäten von Probeflüssigkeiten lange aufbewahrt werden können, ohne daß sie ihren Titer verändern, da häufiges Oeffnen und Umfüllen, d. h. Verdunstung und Kohlensäureabsorption, vermieden wird.

Außer den Büretten sind zu den alkalimetrischen Operationen, wie zu allen maßanalytischen Operationen, erforderlich: Pipetten von 5, 10, 20, 50, 100 C.-C. und Meßgläser von 100, 200, 300, 500 und 1000 C.-C. Inhalt *).

Die zum Färben der Lösung dienende Lackmustinctur bereitet man sich, indem man 1 Th. besten Lackmus mit 8 Th. Wasser übergießt und nach einigen Stunden abfiltrirt. Der käufliche Lackmus enthält stets alkalische Salze, man vermischt deshalb die Lösung vorsichtig mit so viel verdünnter Säure, bis ihre tiefblaue Farbe anfängt ins Violette überzugehen. In verschlossenen Gefäßen zersetzt die Lackmuslösung sich sehr bald, man bewahrt sie deshalb am besten in einem offenen Kochglas, in welches man eine kleine Pipette zum Herausnehmen der Tinctur stellt.

Will man nach dieser Methode den Ammoniakgehalt eines Salmiakgeistes bestimmen, so wägt man zunächst eine beliebige Menge desselben, etwa 5 Grm. in einem vorher tarirten leichten Fläschchen ab, fügt einige Tropfen der Lackmustinctur hinzu, füllt die Bürette mit Säure genau bis zum Nullpunkt und läßt dann von der Säure zu dem Ammoniak fließen. Jeder Tropfen der ausfließenden Säure bringt im Moment der Berührung der Flüssigkeit einen rothen Flecken in dem blauen Pigmente hervor, der aber sofort nach dem Umschütteln wieder verschwindet. Gegen das Ende der Operation ist zu dem Verschwinden der rothen Farbe etwas längere Zeit erforderlich, es ziehen sich rothe Streifen durch die blaue Flüssigkeit, ein Beweis, daß der größte Theil des Ammoniaks neutralisirt ist und daß eine vollständige Mischung der Flüssigkeit erforderlich ist, um die alkalische Reaction wieder hervorzubringen. Sobald dies eintritt, läßt man die Säure ganz langsam, tropfenweis zufließen, schüttelt nach jedem Tropfen stark um und beobachtet genau den Moment, wo der letzte Tropfen die blaue Farbe des Lackmus in Violett verwandelt. Sobald dies eingetreten ist, ist die Neutralisation erreicht, der nächste Tropfen würde die Flüssigkeit deutlich roth färben und somit schon einen geringen Ueberschuß an Säure nachweisen.

*) Die sämmtlichen Apparate sind zu beziehen von Herrn Medicinalrath Mohr in Coblenz, von F. Niemann in Alfeld, von Luhme u. Comp. in Berlin, von Lenoir in Wien, von Apel in Göttingen u. A.

Die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter Säure mit dem Ammoniaktiter multiplicirt, giebt den Ammoniakgehalt der Probe in Grammen. Der Titer der Schwefelsäure sei für 1 C.-C., wie oben bestimmt, = 0,00418 Grm. Ammoniak, es seien 5,021 Grm. Salmiakgeist angewandt und 114,1 C.-C. Säure verbraucht. Die 5,021 Grm. Salmiakgeist enthalten daher 114,1 . 0,00418 = 0,477 Grm. oder 9,50 Proc. Ammoniak.

Kennt man das specifische Gewicht des Salmiakgeistes, so ist selbst das erste Auswägen der Substanz nicht erforderlich, man kann dann mit einer Pipette eine beliebige Anzahl Cubikcentimeter der zu prüfenden Flüssigkeit abmessen und die Zahl der Cubikcentimeter mit dem specifischen Gewicht multipliciren, um das absolute Gewicht zu finden. Es sei das specifische Gewicht = 0,9612, man habe 5 C.-C. zur Prüfung verwandt, so ist das absolute Gewicht der Probe 0,9612 . 5 = 4,806 Grm.

Ebenso kann man aber auch die Bestimmung des specifischen Gewichts mit der Prüfung verbinden. Man bringt ein Fläschchen, welches bis zur Marke am Halse genau 100 C.-C. faßt und mit einem guten Kork verschlossen werden kann, auf der Wage durch Tariren ins Gleichgewicht, mißt dann mit einer Pipette 20 C.-C. Salmiakgeist ab, läßt diesen in das Fläschchen fließen und bestimmt sein Gewicht. Dieses Gewicht mit 5 multiplicirt giebt daher das Gewicht von 100 C.-C. der Flüssigkeit. Die 20 C.-C. haben 19,224 Grm. gewogen, es ist daher das Gewicht von 100 C.-C. = 19,224 . 5 = 96,120 oder das specifische Gewicht $= \frac{96,120}{100} = 0,9612$. Verdünnt man die Flüssigkeit nach dem Wägen mit Wasser bis zur Marke am Halse des Glases, also bis auf 100 C.-C. und vermischt durch kräftiges Umschütteln, so kann man von dieser verdünnteren Lösung mit der Pipette beliebige Mengen zur Bestimmung des Ammoniakgehalts abmessen. Nimmt man davon z. B. 10 C.-C., so hat man darin 2 C.-C. oder 2 . 0,9612 = 1,9224 Grm. Salmiakgeist. Durch diese Verdünnung kann man am leichtesten und genauesten die kleineren zur Analyse geeigneten Mengen abmessen.

Dieselbe Methode kann man auch zur Bestimmung des gebundenen Ammoniaks, da wo man es erst durch Destillation aus seinen Salzen frei machen muß, anwenden. Man verfährt im Wesentlichen eben so, wie oben S. 561 angegeben ist, nur mit dem Unterschiede, daß man das Ammoniak nicht in Salzsäure, sondern in einer bestimmten Menge der titrirten Schwefelsäure auffängt. Bei den meisten Bestimmungen werden, wenn man nicht allzu große Mengen der Substanz anwendet, 100 C.-C. der Schwefelsäure, welche in unserem Beispiele 0,418 Grm. Ammoniak sättigen können, genügen. Man giebt gleich von vornherein einige Tropfen Lackmustinctur zu, um sich zu überzeugen, daß Säure genug vorhanden ist. Sollte die rothe Flüssigkeit während der Destillation blau werden, so ist die Bestimmung verloren; man wiederholt sie dann und wendet entweder mehr Säure zum Auffangen, oder weniger Substanz an. Nachdem die Destillation beendet ist, nimmt man den Apparat auseinander, gießt die rothe Flüssigkeit in eine etwas

geräumige Porzellanschale und spült den Kolben und das Glasrohr sorgfältig ab. Bei Anwendung des Mohr'schen Apparats S. 563 muß das mit Bimssteinstückchen gefüllte Glasrohr *p* (Fig. 112), durch welches die Säure eingegossen wird, so lange mit Wasser ausgewaschen werden, bis die letzten Tropfen keine saure Reaction mehr zeigen, und diese Flüssigkeit, die zum Ausspülen der Flasche verwandt wird, zu der übrigen hinzugefügt werden.

Es bleibt dann noch übrig, die Menge der im Ueberschuß angewandten Säure zu bestimmen. Dazu dient die Natronlösung. Die dazu bestimmte Bürette füllt man bis zum Nullpunkt und läßt dann die Natronlösung in die saure Flüssigkeit fließen, bis die rothe Farbe derselben plötzlich in Blau übergeht, nach kräftigem Umrühren und Umschwenken wird die blaue Farbe gewöhnlich gleich wieder in Violett verwandelt, weil an den Wänden der Schale gewöhnlich noch eine Spur von Säure hängt, welche genügend ist, um die blaue Farbe zu neutralisiren. Dieses Auftreten des Violetts ist der richtige Indicator für die Beendigung des Zusatzes; nach kürzerem oder längerem Stehen geht das Violett allmälig wieder in bläuliches Roth zurück, dieses berücksichtigt man aber nicht, sondern notirt die Zahl der Cubikcentimeter Natron, welche zur Hervorbringung der ersten violetten Farbe erforderlich waren.

Die Natronlösung ist gleichwerthig mit der titrirten Schwefelsäure, da sie so titrirt ist, daß 1 C.-C. genau zur Neutralisation von 1 C.-C. Säure ausreicht. Man braucht daher nur die Zahl der Cubikcentimeter Natronlösung von der Zahl der angewandten Cubikcentimeter Schwefelsäure abzuziehen, um zu finden, wieviel Cubikcentimeter Schwefelsäure von dem Ammoniak der untersuchten Probe neutralisirt worden sind, und findet durch Multiplication mit dem Ammoniaktiter (in unserem Beispiele 0,00418) den Gehalt des Ammoniaks. Es seien 1,256 Grm. Substanz zur Probe verwandt, 100 C.-C. Schwefelsäure zum Auffangen des Ammoniaks und 19,7 C.-C. Natron zur Neutralisation gebraucht. Es sind daher 100 — 19,7 = 70,3 C.-C. der Schwefelsäure neutralisirt, mithin in der Substanz 70,3 . 0,00418 = 0,294 Grm. oder 23,41 Proc. Ammoniak zugegen gewesen.

Zur Titrirung des Ammoniaks sind nach der Beendigung der Destillation keine 5 Minuten Zeit erforderlich, die dabei erlangten Resultate sind wenigstens ebenso genau, wie bei den Bestimmungen mit Platinchlorid; wer daher diese Methode einmal angewandt hat, wird gewiß für alle Zukunft gern auf die Wägung des Salmiaks oder des Platinsalmiaks verzichten. Das einzige Bedingniß zur Erlangung scharfer Resultate, die richtige Darstellung der beiden titrirten Flüssigkeiten, wird man um so eher erfüllen, als dieselben bei einer Reihe von anderen analytischen Bestimmungen, bei der Untersuchung aller Alkalien und Säuren, Potasche, Soda, Aetznatron und Aetzkali, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Essigsäure 2c. ebenfalls gebraucht werden können.

Eine andere ebenfalls maßanalytische Methode ist von Mohr angegeben worden. Das Ammoniak wird abdestillirt, in Salzsäure aufgefangen, zur Trockne verdampft und der Chlorgehalt des Salmiaks durch Titriren mit salpetersaurem Silberoxyd bestimmt. 1 Aeq. salpetersaures Silberoxyd entspricht 1 Aeq. Chlor und dieses 1 Aeq. Ammoniak, löst man daher 17,01 Grm. salpetersaures Silberoxyd in Wasser und verdünnt zu einem Liter oder 1000 C.-C., so enthält 1 C.-C. 0,01701 Grm. und dieses entspricht 0,00355 Grm. Chlor oder 0,0017 Grm. Ammoniak.

Durch die Verdampfung und das Austrocknen verflüchtigt sich alle freie Salzsäure, der zurückbleibende Salmiak wird in etwas Wasser gelöst, in ein mit Glasstöpsel zu verschließendes Fläschchen gefüllt und mit einem Tropfen einer Lösung von neutralem chromsaurem Kali vermischt. Läßt man nun aus einer Quetschhahnbürette von der Silberlösung zufließen, so entsteht dabei ein weißer Niederschlag von Chlorsilber, dem sich ein rother Niederschlag von chromsaurem Silberoxyd beimischt. Sobald man die Flüssigkeit aber umschüttelt, verschwindet die rothe Farbe wieder, so lange noch Salmiak zugegen ist, weil das chromsaure Silberoxyd sich mit allen löslichen Chlorverbindungen in Chlorsilber und chromsaures Salz umsetzt. In dem Augenblick aber, wo die letzte Spur Chlor durch den letzten Tropfen Silberlösung ausgefällt ist, bleibt die rothe Farbe und giebt damit einen Indicator für die vollständige Zersetzung. Durch Multiplication der verbrauchten Cubikcentimeter Silberlösung mit 0,0017 findet man den Ammoniakgehalt in Grammen.

So vortrefflich und scharf diese Methode auch als Chlorbestimmung ist, so ist ihre Anwendung zur Bestimmung des Ammoniaks doch gewiß nicht zu empfehlen, da man mit titrirter Schwefelsäure und Natron eben so gute Resultate erhält und dabei weit rascher arbeiten kann, da die Verdampfung des Salmiaks und das Austrocknen nicht erforderlich ist.

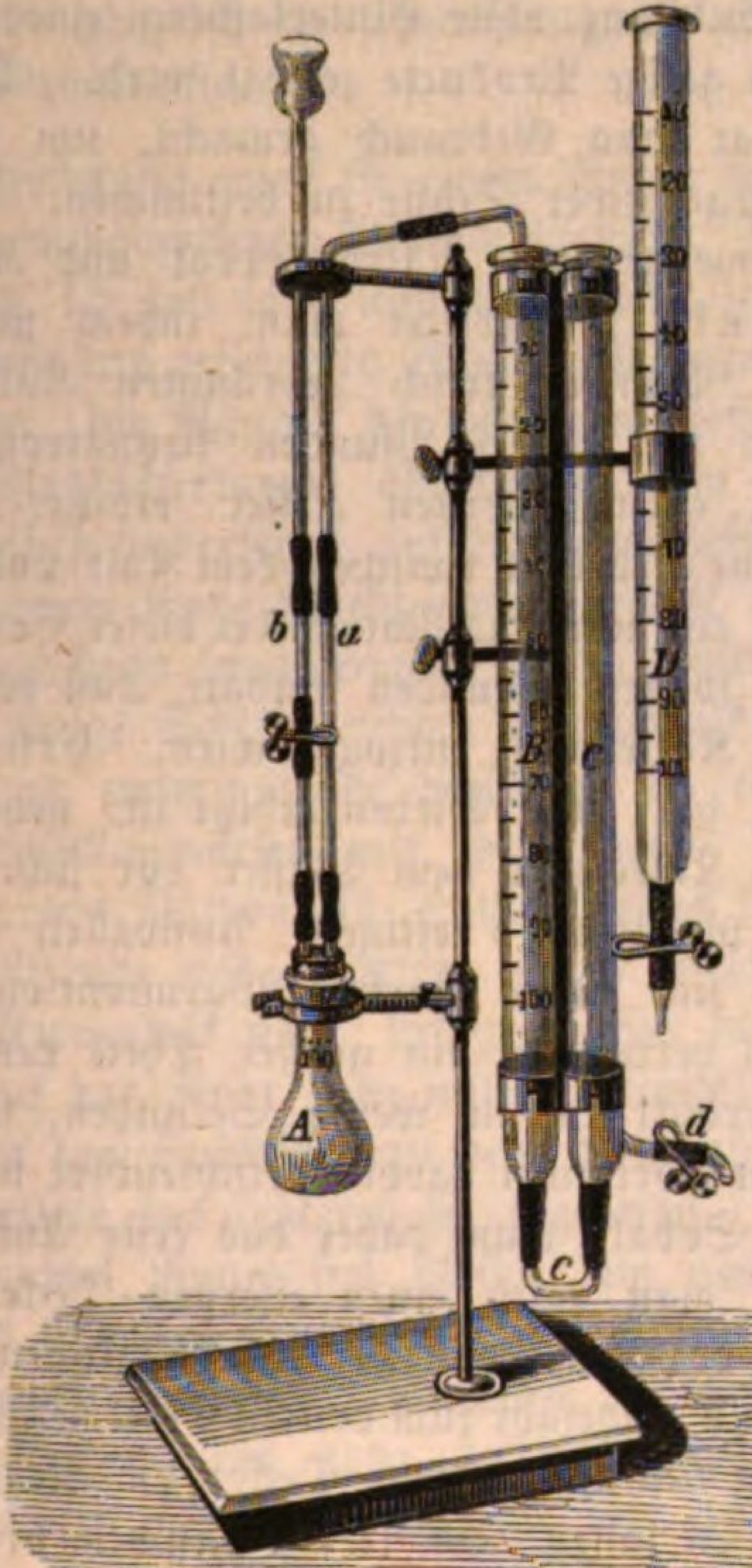
Eine andere Methode, von Knop, ist darauf begründet, daß alle Ammoniaksalze durch eine alkalische bromhaltige Lösung von unterchlorigsaurem Natron zersetzt werden und dabei ihren ganzen Stickstoffgehalt als Stickgas entweichen lassen, welches in einem sinnreich construirten in Fig. 117 dargestellten Apparate gemessen wird.

Die dazu erforderliche Lösung von unterchlorigsaurem Natron bereitet man, indem man 1 Pfd. krystallisirte Soda in 15 Pfd. Wasser löst und in die mit Schnee abgekühlte Flüssigkeit so lange Chlorgas leitet, bis dasselbe unabsorbirt entweicht, darauf giebt man soviel concentrirte Aetznatronlauge zu, daß ein großer Ueberschuß von freiem Alkali zugegen ist und die Flüssigkeit sich stark schlüpfrig anfühlt. Diese Flüssigkeit läßt sich, wenn man sie nur vor der Einwirkung des directen Sonnenlichts schützt, lange aufbewahren. In dem Maße, als man sie zum Gebrauch nimmt, löst man in einem Liter der alkalischen Lösung 3 bis 4 Grm. Brom, welches leicht aufgenommen wird und der Lösung eine gelbe Farbe ertheilt. Der Zusatz des Broms zum unterchlorigsauren Natron befördert die Einwirkung auf die Ammoniaksalze so sehr, daß fast momentan der ganze Stickstoffgehalt abgeschieden wird, während bei bloßem unterchlorigsaurem Natron

häufig Erwärmung und längere Berührung erforderlich ist. Die Gegenwart des freien Alkalis ist namentlich bei der Zersetzung von Substanzen erforderlich, denen organische Verbindungen beigemischt sind, weil diese häufig durch Einwirkung des unterchlorigsauren Natrons Kohlensäure entwickeln, die sich dem Stickstoff beimischen und sein Volum vergrößern würde, wenn sie nicht durch das Alkali der Flüssigkeit zurückgehalten würde.

Der Apparat besteht aus einem Kochfläschchen *A*, welches bis zu einen Diamantstrich am Halse genau 100 C.-C.

Fig. 117.



faßt, und einer 100 C.-C. fassenden, in 0,2 C.-C. getheilten Röhre *B*, einem durch das Rohr *c* damit verbundenen Rohre *C* von derselben Länge und Weite wie *B* und einer gewöhnlichen Quetschhahnbürette *D*. Durch den Kork des Kolbens *A* gehen zwei Glasröhren, die eine im Trichterrohr *b*, welche in der Mitte an einem Quetschhahnröhrchen, mittelst eines Quetschhahns abgesperrt werden kann, die andere Röhre *a* verbindet den Kolben mit dem Rohre *B*.

Die zu untersuchende Substanz wird abgewogen und in so viel Wasser gelöst, daß man genau 100 C.-C. Flüssigkeit hat, diese bringt man in die Bürette *D*. Dann löst man den Kolben *A* aus seinem Korke und läßt 50 C.-C. der Lösung hineinfließen. Das Trichterrohr *b* wird dann ganz mit der Lösung des unterchlorigsauren Natrons gefüllt und durch Oeffnen des Quetschhahns etwas Flüssigkeit daraus abgelassen, so daß alle Luft aus dem Rohre verdrängt wird; nach dem Verschließen des Quetschhahns fließt aus dem Rohre nichts aus, es bleibt aber ganz gefüllt. Nun zieht man eine der Kautschukverbindungen des Rohres *a* ab und gießt so viel Wasser in das Rohr *C*, bis dieses in *B* genau den Nullpunkt erreicht hat; sollte es etwas höher stehen, so regulirt man den Stand, indem man aus dem Quetschhahn auf dem Röhrenansatz *d* eine entsprechende Menge Wasser ausfließen läßt. Dann dreht man den Kork mit den beiden Röhren *b a* wieder in den Kolben *A* und zieht endlich das geöffnete Kautschukrohr wieder über die Röhre *a*.

So vorgerichtet ist der Apparat zum Gebrauch fertig, es bleibt nur noch übrig, sich durch einen Versuch davon zu überzeugen, ob alle Verbindungen genau schließen. Man öffnet zu dem Zweck den Quetschhahn *d* und läßt das Wasser aus der Röhre *C* abfließen. In dem Rohre *B* tritt zunächst eine Depression um 2 bis 3 C.-C. ein, weil das Gewicht der in *B* enthaltenen Wassersäule eine Ausdehnung der Luft im Kolben *A* bewirkt. Bei dichtem Verschluß muß aber der Stand der Wassersäule in *B* constant bleiben, man bemerkt sich, bei welchem Theilstriche der Bürette es steht, und beobachtet nun nach 5 Minuten von Neuem, er darf sich bis dahin nicht verändert haben. Sollte das Wasser gesunken sein, so muß man den Apparat auseinandernehmen und die Verbindung durch neue bessere Körke herstellen; sehr zweckmäßig kann man sich dazu der Kautschukkörke bedienen, welche in allen Größen mit einer oder zwei Durchbohrungen angefertigt werden. Zeigt der Apparat den dichten Schluß aller seiner Verbindungen, so füllt man das Rohr *C* wieder mit Wasser, stellt es mit *B* genau in dasselbe Niveau und notirt den Stand der Flüssigkeit in *B*, welche gewöhnlich 0,3 C.-C. unter dem Nullpunkt liegt, da beim Verbinden des letzten Röhrenverschlusses eine geringe Menge Luft in den Apparat gedrängt ist.

Nun öffnet man vorsichtig den Quetschhahn an dem Trichterrohre *b* und läßt von dem unterchlorigsauren Natron zu der Flüssigkeit in *A* fließen. Es entsteht fast momentan ein Aufbrausen von entweichendem Stickstoff, der nebst der durch das unterchlorigsaure Natron verdrängten Luft in das Rohr *B* entweicht. In Folge dessen steigt das Niveau des Wassers in *C* um eben so viel, als dem Volum des Stickstoffs und der Luft entspricht; man läßt dann sofort ein beliebiges Quantum Wasser aus dem Rohre *d* durch Oeffnen des Quetschhahns abfließen, um zu verhüten, daß das Wasser nicht oben aus dem Rohre *C* herausgetrieben werde, und um keinen zu starken Druck im Apparate zu haben. In dem Maße, als die erste Einwirkung nachläßt, öffnet man den Quetschhahn auf *b* von Neuem und läßt mehr unterchlorigsaures Natron nachfließen. Dabei hat man nur darauf zu achten, daß das Niveau der Lösung des unterchlorigsauren Natrons nie bis unter die Kugel des Trichters herabsinkt, weil sonst Luft in das Trichterrohr käme, welche von der nachfolgenden Flüssigkeit mit in den Kolben gedrückt und dann das Volum des Stickstoffs vergrößern würde. Um dieses zu vermeiden, füllt man den Trichter vor jedem Zusatz der Lösung von Neuem an. Unter kräftigem Schütteln des Kölbchens *A* läßt man zuletzt so viel unterchlorigsaures Natron nachfließen, bis das Niveau der Flüssigkeit genau in dem Striche am Halse des Kölbchens einsteht, läßt dann einige Minuten stehen, läßt aus *d* so viel Wasser abfließen, bis dieses in *B* und *C* genau gleich hoch steht,

und bestimmt mittelst eines empfindlichen Thermometers genau die Temperatur des Wassers in C.

Da der Kolben A 100 C.-C. faßt und 50 C.-C. Flüssigkeit zur Analyse verwandt sind, so sind durch das unterchlorigsaure Natron 50 C.-C. Luft in das Rohr B getrieben. Hierzu addirt man das Volum der Luft, welches vor dem Versuch in der Bürette enthalten und durch das Aufschieben des Kautschukröhrchens hineingekommen war, es betrage dieses 0,3 C.-C., so sind also 50,3 C.-C. Luft im Rohre enthalten, der Rest ist der aus dem Ammoniak gebildete Stickstoff. Steht nun beim Schluß des Versuchs das Wasser in B bei 95,6 C.-C., so ist 95,6 — 50,3 C.-C. = 45,3 C.-C. Stickstoff ausgetrieben.

1 C.-C. Stickstoff wiegt bei 0° 0,001256 Grm. Um das Gewicht des entwickelten Gases bestimmen zu können, muß man das Volum desselben auf das Volum reduciren, welches es bei 0° einnehmen würde. Die Luft und die meisten Gasarten dehnen sich für jeden Grad der Temperaturerhöhung über 0° innerhalb der gewöhnlichen Schwankungen der Temperatur der Luft um 0,003665 ihres Volums aus. Um daher ihr Volum auf 0° Temperatur zu reduciren, hat man dasselbe durch $1 + t \,.\, 0{,}003665$ zu dividiren, wobei t den jedesmaligen Temperaturgrad anzeigt. Das Volum des Gases betrug in unserem Versuche 45,3 C.-C., die Temperatur des Wassers am Schluß des Versuchs ist dieselbe wie die des Gases, sie betrage 20,2° C. Man hat darnach zu rechnen:

$$\frac{45{,}3}{1 + 20{,}2 \,.\, 0{,}003665} = \frac{45{,}3}{1{,}074} = 42{,}2$$

45,3 C.-C. Stickgas von 20,2° C. sind demnach 42,2° C.-C. von 0°, oder $42{,}2 \,.\, 0{,}001256 = 0{,}053$ Grm.

Die ursprünglich angewandte Substanz war zu 100 C.-C. Lösung verdünnt, davon sind 50 C.-C. oder die Hälfte verwandt, die Gesammtmenge der Substanz enthielt mithin $0{,}053 \,.\, 2 = 0{,}106$ Grm. Stickstoff oder 0,129 Grm. Ammoniak.

Diese Methode der Ammoniakbestimmung ist höchst einfach und giebt dabei schöne scharfe Resultate, sie eignet sich für alle Ammoniakverbindungen, zur Bestimmung des Ammoniaks in Ackererden, Brunnenwassern ꝛc., doch müssen dann einige kleine Modificationen daran angebracht werden, hinsichtlich deren wir auf die Originalabhandlung (Chem. Centralblatt 1860, 244 bis 254, 257 bis 272) verweisen müssen. Es ist nur bei der Analyse von Ammoniaksalzen auf eine Vorsichtsmaßregel aufmerksam zu machen. Man darf dabei nicht mehr Substanz anwenden, als höchstens 45 bis 48 C.-C. Stickstoff entwickeln könnte, weil der Apparat nicht mehr als 50 C.-C. außer der aus dem Kolben verdrängten Luft aufnehmen kann. Nach Beendigung der Operation hat man sich zu überzeugen, ob die Menge des unterchlorigsauren Natrons hinreichend gewesen ist, um die vollständige Zersetzung des Ammoniaks herbeizuführen. Eine Probe der Flüssigkeit im Kolben A wird mit etwas unterchlorigsaurem Natron vermischt, sie darf dabei keine neue Gasentwicklung zeigen. Es wird dieses selten eintreten, wenigstens nicht wenn nicht mehr als die angegebene Menge Stickstoff entwickelt war. Sollte es doch der Fall sein, so wiederholt man die Operation mit der halben Menge, also 25 C.-C. der Lösung, der man dann noch 25 C.-C. Wasser zufügt.

Der zu diesen Bestimmungen dienende Apparat wird von dem Mechaniker Hugershoff in Leipzig angefertigt und zum Preise von 9 Thalern geliefert.

Erhitzt man stickstoffhaltige organische Substanzen mit einem Gemenge von trocknem Natronhydrat und Kalkhydrat, so wird, mit Ausnahme der Stoffe, welche NO_4 oder NO_5 enthalten, die Gesammtmenge des Stickstoffs in Ammoniak verwandelt, während ein Theil des Kohlenstoffs in Kohlensäure, ein anderer Theil in Kohlenwasserstoffe übergeführt wird, so daß die organische Substanz ohne Hinterlassung eines Rückstandes dabei in gasige Producte zerlegt wird. Von diesem Verhalten hat man Gebrauch gemacht, um den Stickstoffgehalt organischer Stoffe zu bestimmen.

Das Gemenge von Natronhydrat und Kalkhydrat, den Natronkalk, bereitet man, indem man 4 Gewichtstheile, Pfunde, frisch gebrannten Kalk gröblich pulvert und sie mit 6 Pfunden Aetznatronlauge von 36° B. in einem eisernen Kessel erhitzt. Anfangs tritt gar keine Reaction zwischen dem Kalk und der Aetznatronlauge ein, weil das Natron bei dieser Concentration das Wasser so fest gebunden enthält, daß es ihm vom Kalk in der Kälte nicht entzogen wird. Erst wenn die Lauge nahe bis zum Sieden erhitzt ist, geht die Verbindung des Kalks mit dem Wasser vor sich. Es tritt dann ein plötzliches heftiges Aufwallen ein, der Kalk löscht sich unter starker Wärmeentwicklung, in Folge davon verdampft ein großer Theil des Wassers, die Masse verdickt sich in wenig Secunden, so daß der Dampf leicht Portionen davon fortschleudert und sie umherspritzt. Sobald man daher das erste Aufwallen bemerkt, legt man rasch einen eisernen Deckel auf den Kessel. Ist der Kessel von der ursprünglichen Mischung nicht mehr als ungefähr zum dritten Theil gefüllt gewesen, so kann man bei aufgelegtem Deckel die Reaction ganz ruhig verlaufen lassen, ein Ueberschäumen braucht man nicht zu befürchten, die geringe Menge Substanz, welche durch den heftig hervorbrechenden Dampf umhergeschleudert wird, wird vom Deckel vollständig zurückgehalten. Nach der Entfernung des Deckels findet man im Kessel eine fast trockne weiße Masse, die sich nun leicht mit einem eisernen Spatel zertheilen und zur völligen Trockne bringen läßt. Die trockne Masse wird noch heiß durch ein grobes Sieb geworfen, die gröberen Stücke rasch in einem warmen Mörser zerstoßen und dann das Ganze in einem geräumigen Tiegel zum Glühen erhitzt. Nach dem Erkalten bildet der Natronkalk eine gelbliche, etwas zusammengesinterte Masse, die sich aber doch noch leicht aus dem Tiegel entfernen läßt, sie wird dann rasch zerstoßen und durch ein Sieb, dessen Maschen etwa die Weite eines kleinen Stecknadelknopfes haben, gegeben und in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt.

Von der richtigen Bereitung des Natronkalks hängt der ganze Erfolg der Stickstoffbestimmung ab. Hat man mehr Natron angewandt, so schmilzt er, bläht sich dabei auf und verstopft das Glasrohr, in welchem die Zersetzung der organischen Substanz geschieht, was nicht allein den Verlust der Analyse, sondern leicht eine Zertrümmerung des ganzen Apparats unter heftiger

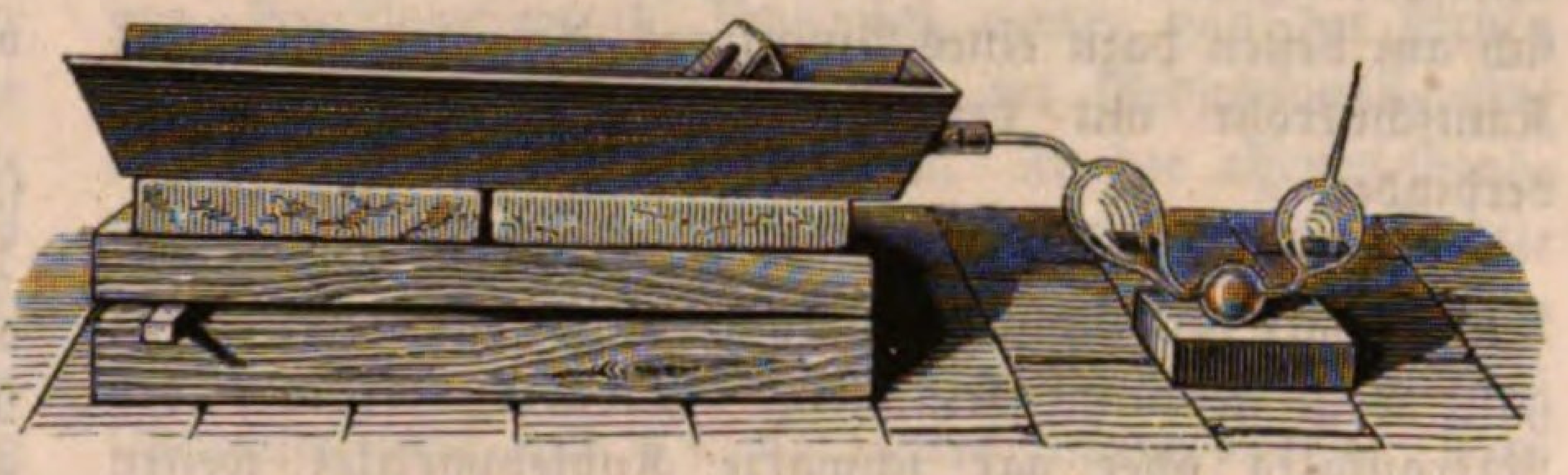
Explosion zur Folge hat. Bei zu geringem Natrongehalt findet dagegen keine vollständige Zersetzung der organischen Substanz Statt. Wendet man eine schwächere Lauge und gelöschten Kalk an, so ist die Verdampfung und Austrocknung eine der lästigsten Arbeiten, die überhaupt im Laboratorium vorkommen können. Es entsteht dann eine dicke, schmierige Masse, die sich am Boden des Kessels festsetzt, die daher fortwährend gerührt werden muß und bei der geringsten Erhitzung stark spritzt und von der ätzenden, halbflüssigen Substanz umherschleudert, so daß man stets der Gefahr von Verletzungen ausgesetzt ist. Dieses vermeidet man gänzlich bei Einhaltung der oben angegebenen Verhältnisse.

Die Zersetzung wird in einem Rohre von schwer schmelzbarem böhmischem Glase ausgeführt. Das Rohr ist 12 bis 15 Zoll lang und an seinem einen Ende zu einer aufwärts gerichteten Spitze ausgezogen und zugeschmolzen, die Ränder der vorderen Oeffnung werden vor der Glasbläserlampe abgerundet, um einen Kork, ohne denselben zu verletzen, luftdicht einschieben zu können. An das hintere Ende schiebt man zunächst einen Pfropf von ausgeglühtem langfasrigem Asbest, füllt darauf eine zwei Zoll lange Schicht reinen Natronkalk ein, mischt dann die zu untersuchende Substanz in einem kleinen glatten Porzellanmörser mit ihrem zehn- bis zwanzigfachen Gewicht Natronkalk, schüttet dieses in das Rohr, reibt die Wände des Mörsers einige Mal mit neuen Mengen Natronkalk nach, bringt dieses ins Rohr und füllt darauf das Rohr ganz mit Natronkalk an. Beim Vermischen der Substanz mit dem Natronkalk muß man die Quantität des letzteren so reguliren, daß in dem Rohre so viel Raum frei bleibt, um nach dem Ausreiben des Mörsers wenigstens noch eine 6 Zoll lange Schicht reinen Natronkalk einfüllen zu können. Durch gelindes Rütteln des ganz gefüllten Rohres sinkt die Füllung so weit zusammen, daß etwa ein Zoll des Rohres frei bleibt, diesen füllt man mit Asbest aus, legt dann das Rohr horizontal auf den Tisch, faßt es mit beiden Händen vorn und hinten, so daß die ausgezogene Spitze aufwärts gerichtet ist, und klopft das Rohr einige Male ziemlich kräftig auf die Tischplatte, wobei man kein Zerbrechen zu besorgen hat. Es bildet sich dabei durch das Zusammensinken der Füllung oberhalb derselben eine freie Rinne, durch welche die entwickelten Gase entweichen können.

Zur Auffangung des durch die Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanz gebildeten Ammoniaks wird titrirte Schwefelsäure angewandt, von der man 15 C.-C. in ein kleines Becherglas abmißt und diese in einen aus drei mit einander verbundenen Kugeln bestehenden Glasapparat einsaugt, indem man die Spitze desselben in die Säure taucht und an dem anderen Ende so lange saugt, bis die Flüssigkeit in die erste Kugel, welche nicht ganz davon gefüllt werden darf, eingetreten ist. Das Glas, worin die Säure enthalten war, stellt man wohlbedeckt bei Seite, da der Rest der noch daran haftenden Säure später benutzt werden muß. Das andere Ende des Kugelapparats — Will und Varrentrapp's Stickstoffapparat — schiebt man in die Oeffnung eines sorgfältig durchbohrten Korkes und dreht diesen dann luftdicht in das gefüllte Verbrennungsrohr ein.

Das Rohr mit dem daran befestigten Stickstoffapparate legt man in den Liebig'schen Verbrennungsofen oder in einen ähnlichen für Gasheizung eingerichteten Apparat, so daß der Kork etwa einen halben Zoll weit aus dem Ofen hervorsteht, um ihn nicht zu verbrennen. Der ganze so vorgerichtete Apparat ist in Fig. 118

Fig. 118.



dargestellt. Es ist sehr zweckmäßig, das Rohr in eine eiserne Rinne zu legen, welche man, um ein Anschmelzen des sich erweichenden Rohres zu verhindern, vorher mit Magnesia bestäubt. Bei Anwendung dieser Rinne kann man weit stärker erhitzen, welches bei schwer verbrennbaren Substanzen häufig nöthig ist, ohne fürchten zu brauchen, das Rohr durch Berührung mit den Kohlen zu schmelzen.

Anfangs schützt man den Theil des Rohres, in welchem die Substanz liegt, durch zwei Schirme von Eisenblech vor der Einwirkung der strahlenden Hitze der glühenden Kohlen, mit denen man das vordere Ende der Röhre umgiebt. Dabei regulirt man die Lage der Kohlen so, daß man den unteren Theil des Ofens, unter der eisernen Rinne, in welcher das Rohr liegt, mit kleinen Kohlen füllt, dann die Seitenwände des Ofens mit großen Kohlen ausfüllt und endlich große Kohlen über das Rohr legt, ohne daß diese es jedoch berühren.

Sobald das Rohr vorn zum vollen Glühen erhitzt ist, umgiebt man auch den hinteren Theil und namentlich die Spitze mit Kohlen, nimmt dann die Schirme weg und beginnt ganz allmälig, von vorn anfangend, die Substanz zu erhitzen. Man bemerkt sehr bald den Anfang der Gasentwicklung, wodurch die Säure aus der ersten Kugel in die zweite und dritte getrieben und dann von Gasblasen durchströmt wird. Das Ammoniak wird vollständig von der Säure zurückgehalten, während Kohlenwasserstoffe, sowie die im Apparate enthaltene Luft hindurchgehen. Je nach dem Durchströmen der Gasblasen regulirt man die Erhitzung der Substanz. Bei regelmäßigem Gange der Operation schreitet man mit der Erhitzung vor, bis endlich das ganze Rohr auf seiner vollen Länge zum Glühen gebracht ist. Die Beendigung des Processes erkennt man daran, daß zunächst die Entwicklung des Gases aufhört, dann daran, daß die Säure durch Absorption des im Apparate noch enthaltenen Ammoniaks in die erste Kugel zurücksteigt, und nun Luftblasen durch die Säure in den Apparat gesogen werden. Bei sehr stickstoffreichen Substanzen geschieht die Absorption des Ammoniaks, welches dann fast den ganzen inneren Raum des Apparats ausfüllt, manchmal so plötzlich, daß die Säure mit großer Vehemenz

in die erste Kugel zurückgesogen wird. Aus diesem Grunde darf nicht mehr als das angegebene Quantum von Säure in den Kugelapparat gebracht werden, weil sonst unfehlbar ein Theil derselben in das Verbrennungsrohr geschleudert werden würde.

Nach dem Zurücksteigen der Säure bricht man die Spitze des Verbrennungsrohres ab und saugt nun an der Spitze des Kugelapparats Luft durch das Rohr, um alles noch darin vorhandene Ammoniak in die Säure zu ziehen. Man sollte nicht weniger als etwa 500 C.-C. Luft in langsamem Strome durchgehen lassen und bedient sich am besten dazu eines Aspirators, den man mit einem Kautschukrohr mit der Spitze des Stickstoffapparats verbindet.

Der Apparat wird dann auseinander genommen. Der Inhalt des Rohrs muß bei vollständiger Zersetzung ganz weiß gebrannt sein, eine schwarze Färbung des Natronkalks oder gar schwarze Kohlenpartikel weisen eine unvollständige Verbrennung nach und lassen demnach kein genaues Resultat der Analyse erwarten. Ist die Verbrennung richtig ausgeführt, so läßt man die saure Flüssigkeit aus der Spitze des Kugelapparats in eine Porzellanschale fließen, spült das Becherglas, in welchem man die Säure abgemessen hatte, mit Wasser aus, saugt dieses durch die Spitze in den Kugelapparat, spült damit aus, läßt dieses zu der übrigen Flüssigkeit in die Porzellanschale fließen und wiederholt dieses so oft, bis das aus dem Apparat fließende Wasser nicht mehr sauer reagirt.

Die Flüssigkeit wird mit Lackmustinctur roth gefärbt und dann mit titrirtem Natron bis zum Eintreten der violetten Farbe vermischt. Die dazu verwandten Cubikcentimeter Natron werden von den angewandten Cubikcentimetern Säure abgezogen; der Rest der Säure ist durch Ammoniak neutralisirt und entspricht daher dem Stickstoffgehalt der Substanz. Es seien 0,542 Grm. Substanz angewandt, 15 C.-C. Schwefelsäure, von derselben Concentration wie S. 566, von der also 1 C.-C. = 0,00344 Grm. Stickstoff, und zum Zurücktitriren 4,3 C.-C. Natron verbraucht, so ist mithin 15 — 4,3 = 10,7 C.-C. Säure durch Ammoniak neutralisirt, mithin 10,7 . 0,00344 = 0,0368 Grm. oder 6,79 Proc. Stickstoff in der Substanz enthalten.

Statt der titrirten Säure kann man auch Salzsäure von größerer Concentration, etwa von 1,100 bis 1,120 spec. Gew. anwenden und dann das Ammoniak als Platinsalmiak bestimmen. Es haften aber an dieser Methode all die oben erwähnten Schattenseiten, man wird daher in den meisten Fällen und namentlich wenn man viele solcher Bestimmungen auszuführen hat, der Titrirmethode den Vorzug geben. Man hat dabei dann nur Eins zu beachten, daß nämlich die angewandte Menge Substanz nicht mehr Stickstoff enthalte, als die Säure Ammoniak zu absorbiren vermag, und muß darnach die Quantität der anzuwendenden Substanz reguliren. In den meisten Fällen weiß man wenigstens annähernd, wie hoch man den Stickstoffgehalt erwarten kann. Bei einem Stickstoffgehalt von 10 Proc. und mehr genügen schon 0,200 bis 0,300 Grm. Substanz, bei sehr geringem Stickstoffgehalt von 1 bis 2 Proc. kann man bis zu 2 Grm. Substanz nehmen.

Stohmann.

Antimon.

Sb. Atomgewicht 120,3.

Antimon (Spießglanz, Spießglas, Spießglanzkönig).

Geschichtliches. Ursprünglich verstanden die alten Römer hierunter ein metallisches Erz, welches aus Schwefel, mit einem Metall vereinigt, besteht, das sie Stibium nannten und dessen schon Dioskorides und Plinius als Heilmittel Erwähnung thun. Auch den arabischen Chemikern des achten und elften Jahrhunderts ist diese Substanz bekannt gewesen, und in der lateinischen Uebersetzung von Geber ist sie als Antimonium bezeichnet. Erst Basilius Valentinus erkannte 1460 dieselbe als eine Verbindung von Schwefel mit einem eigenthümlichen Metall, welches später mit den obigen verschiedenen Namen bezeichnet wurde, also unser heutiges Antimon ist, während es Basilius Valentinus für eine Abart des Bleies gehalten haben soll. Hieraus folgt also, daß das den Alten bekannt gewesene Antimon in den neueren Zeitaltern der Wissenschaft als ein Schwefelantimon erkannt wurde und mithin als die erste Verbindung der Antimonmetalle betrachtet werden darf, außer welcher aber, wie aus den Schriften von Basilius hervorgeht, schon während des Zeitalters der Alchemie noch mehrere entdeckt worden sind.

Das Antimon wurde schon früh zur Scheidung des Goldes und Silbers benutzt. Bei den Alchemisten spielte es eine Hauptrolle, sie hielten dasselbe für die Mutter des Goldes, indem seine Dämpfe das Gold spröde machten, schrieben ihm königliche Abstammung zu und nannten es einen kleinen König, regulus, welcher Ausdruck dann auch auf andere Metalle überging. Im Mittelalter trieben die Mönche viel Unfug mit Antimonpräparaten, indem sie dieselben als Heilmittel häufig verkehrt anwandten. Deshalb erließ Franz II. (1515 bis 1547) einen den Gebrauch des Antimons verbietenden Befehl gegen die Mönche (*ἀντὶ μόναχον*), daher

der Name Antimon, Gegenmönch. Nach Anderen soll der Mönch **Basilius Valentinus** gefunden haben, daß die Schweine von Antimon fett würden, und da er mit letzterer Eigenschaft auch seine Klosterbrüder gern zu erfreuen wünschte, so rieth er ihnen den Gebrauch seiner Antimonialien an, woran aber viele starben. Daher habe das Metall, als ein Gift für die Mönche, seinen Namen erhalten.

Eigenschaften des Antimons. Das Antimon besitzt ein weißes silberartiges Ansehen, ist sehr spröde, leicht zu pulvern, und zeigt eine blättrig krystallinische Textur, so daß auf dem gespaltenen Bruche ein sehr deutlicher Blätterdurchgang wahrzunehmen ist, welcher als Grundform das Rhomboeder erkennen läßt. Künstlich dargestellte Krystalle zeigen gewöhnlich nur das Hauptrhomboeder, die natürlichen dagegen nebst dem Hauptrhomboeder oft das zweite stumpfere und die Endfläche; auch sind letztere zu Vierlingen und Sechslingen gruppirt. Läßt man geschmolzenes Antimon in größeren Massen in einem Tiegel erstarren, so nimmt die Oberfläche ein schönes sternförmiges Ansehen an, indem viele, in der Größe stetig abnehmende Rhomboeder sich in paralleler Stellung mit ihren Endecken an einander gruppiren. Jedes derselben ist mit Schalen von Rhomboedern bedeckt, welche bei den oberen in der Mitte der Flächen nicht mehr zusammenhängen und nach den Seitenecken zu immer kleiner werden. Die Bildung der farrenkrautähnlichen Zeichnungen auf der Oberfläche des Antimons sieht man als Zeichen der Reinheit an. In Folge dieser krystallinischen Eigenschaft betrachteten die Alchemisten jenes geheimnißvolle Leuchten beim Erhitzen als eine Erscheinung, welche sie auf ihren verborgenen Wegen zur Entdeckung eines Universalheilmittels oder des Steins der Weisen führen müßte. Nach **Pohl** sind Antimon und Wismuth nicht nur im isolirten Zustande, sondern auch in analogen Verbindungen isomorph. Specifisches Gewicht nach **Dexter** bei 17 bis 21° C. = 6,707 bis 6,718, durchschnittlich 6,712; specifische Wärme nach **Regnault** 0,05077; Wärmeleitungsvermögen (wenn das des Silbers = 100) 21,5 oder 19,2, je nachdem das Antimon in verticalen oder horizontalen Stangen gegossen; elektrisches Leitungsvermögen = 4,29 bei 18,7° C., wenn das des Silbers = 100 bei 0° C.; cubische Ausdehnung für 1° C. = 0,000033 nach **Kopp**; Atomgewicht nach **Berzelius** = 129, nach **Keßler** 123,58 bis 123,84, nach **Dexter** 122,34, nach **Schneider** 120,3, letzteres von **H. Rose** und **Weber** bestätigt und jetzt allgemein angenommen.

Bei gewöhnlicher Temperatur der Luft ausgesetzt, bleibt das Antimon blank, bei geringer Verunreinigung wird dasselbe matt, läuft auch wohl gelblich oder röthlich an; schmilzt bei 425° C., verflüchtigt sich bei Luftabschluß in der Weißglühhitze und läßt sich bei letzterer in einem Wasserstoffstrome destilliren. An der Luft glühend geschmolzen, entzündet sich das Antimon und verbrennt zu antimoniger Säure, welche sich als weißer geruchloser Rauch unter Verbreitung eines intensiven Lichtes verflüchtigt. Geschmolzenes Antimon aus einer gewissen Höhe auf einen Tisch, eine Eisenplatte etc. ausgegossen, zertheilt sich in viele kleine Kugeln, welche mit lebhaftem Funkensprühen verbrennen und auf ihrem durchlaufenen Weg einen weißen Streifen hinterlassen. Auf Papier ausgegossen bilden sich auseinanderlaufende Kugeln, schwarze Punkte und sich durchkreuzende Linien. Vor dem Löthrohr auf Kohle erhitzt, schmilzt das Antimon leicht, raucht stark, giebt in einiger Entfernung von der Probe einen starken weißen Beschlag, welcher sich in der Oxydationsflamme ohne Schein, in der Reductionsflamme mit schwach grünlich blauem Scheine vertreiben läßt. Zuweilen bilden sich dabei spröde Metallkörner, von feinen weißen Krystallnadeln umgeben. Der ähnliche Arsenbeschlag entsteht unter Entwicklung von Knoblauchgeruch, setzt sich weiter von der Probe entfernt ab und verschwindet in der Reductionsflamme mit schwachem hellblauem Schein. In der offenen Glasröhre giebt Antimon ein weißes pulverförmiges Sublimat, zum Theil krystallinisch, schmelzbar und flüchtig (Antimonoxyd), zum Theil unschmelzbar und nicht flüchtig (Antimonsäure und antimonsaures Antimonoxyd). Das ähnliche Sublimat von Tellur bildet Tröpfchen und das von Arsen ist deutlich krystallinisch. — Schmilzt man ein linsen- oder erbsengroßes Stück Antimon vor dem Löthrohr auf Kohle bei solcher Temperatur, daß das Metall roth glüht und stark raucht, so erhält sich dasselbe, auch nach Wegnahme der Flamme, noch ziemlich lange in glühendem Flusse und entwickelt lebhaft einen dicken weißen Rauch von antimoniger Säure, welcher theilweise die Kohle beschlägt, theilweise aber die Kugel mit weißen perlmutterglänzenden Krystallnadeln umkleidet. Durch die theilweise Oxydation des Antimons wird so viel Wärme erzeugt, daß der flüssige Theil längere Zeit flüssig bleiben kann.

Durch Salzsäure wird Antimon in Kochhitze unter Entwicklung von Wasserstoffgas in Dreifach-Chlorantimon verwandelt, desgleichen durch Königswasser (2 bis 4 Th. Salzsäure und 1 Th. Salpetersäure). Concentrirte Schwefelsäure löst Antimon unter Bildung von schwefelsaurem Antimonoxyd und Entwicklung von schwefliger Säure auf, nicht aber verdünnte Schwefelsäure. Salpetersäure greift selbst im verdünnten Zustande das Antimon an und verwandelt es in ein weißes Pulver, welches je nach der Stärke und der Menge der Säure, der angewandten Temperatur und der Zeit aus Antimonoxyd (antimoniger Säure), Antimonsäure und antimonsaurem Antimonoxyd (antimonsaurer antimoniger Säure) bestehen kann.

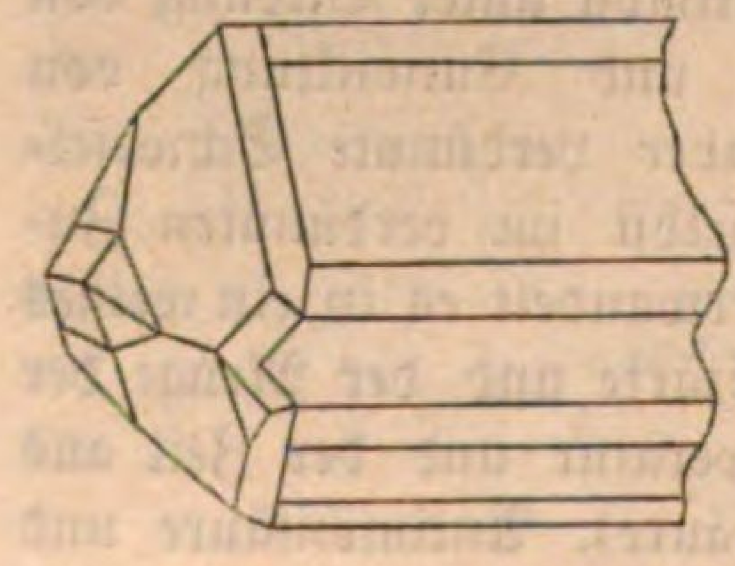
Von dem **krystallinischen Antimon** in seinen Eigenschaften verschieden ist das **amorphe Antimon**, welches beim Einleiten eines schwachen elektrischen Stromes in stark saure Chlorantimonlösung erhalten wird. Dasselbe scheidet sich, wenn man als positives Polende ein größeres Stück Antimon und am negativen eine Reihe dünner Kupferdrähte anwendet, auf dem Antimon als silberglänzende Platte ab, welche beim Erschüttern durch Schlag oder Reiben mit einem harten Körper oder durch bloßes Ritzen zerberstet, explodirt und dabei zuweilen unter Lichterscheinung und fast stets unter Wärmeentwicklung eine weiße Dampfwolke entläßt. Nach **Gore** und **Böttger** besteht dieser amorphe explosive Körper aus einer durch schwache Verwandtschaft zusammengehaltenen Verbindung von Antimon mit saurem salzsaurem Dreifach-Chlorantimon, welche Verwandtschaft

durch obige Mittel aufgehoben wird, wobei sich dann Chlorantimon verflüchtigt. Während sich dieses explosive amorphe Product nicht mit Quecksilber vereinigt, so giebt das krystallinische Antimon damit eine teigige Masse.

Das metallische Antimon ist als nicht giftig zu betrachten, weshalb die von einem innerlichen Gebrauche desselben abhängigen üblen Erscheinungen — Erbrechen, sehr reichliche Stuhlentleerungen, starkes Leibschneiden, Angst, Unruhe, Blutflüsse, Krämpfe, Entzündung des Magens und der Eingeweide, Anätzung, Brand und endlich Tod — entweder von einer gebildeten Antimonverbindung oder einem Arsengehalt des Antimons herrühren. Einen gleichen Ursprung haben die Krankheiten der mit der Schmelzung des Antimons, Hartbleies rc. beschäftigten Arbeiter, welche Antimondämpfe einathmen, nämlich große Beschwerde des Athmens, Zusammenziehen der Brust, trockner Husten oft mit Blutspucken, Darmschmerzen, Durchfälle und bei andauernder Einwirkung selbst Tod.

Vorkommen des Antimons. Das Antimon findet sich in vielen Mineralien, in Mineralquellen (z. B. zu Schlupfheim im Canton Luzern, im Absatze des Wiesbadener Kochbrunnens, im Ocker der Badequelle von Alexisbad), in Steinkohlen rc. In Mineralien kommt dasselbe meist durch Schwefel und Sauerstoff vererzt vor, dann in Verbindung mit Metallen als elektronegativer Bestandtheil, zuweilen auch gediegen. Als eigentliche Antimonerze, aus welchen im Großen Antimon gewonnen wird, sind zu bezeichnen: 1) Grauspießglanz, Antimonglanz, $Sb\,S_3$ = 72,77 Antimon und 27,23 Schwefel. Krystallisirt rhombisch, meist in langen Säulen (Fig. 119) oder Nadeln, vertical stark gestreift, nur selten mit deutlichen Endflächen, blättrig, büschelförmig gruppirt oder durcheinander gewachsen, auch derb eingesprengt in stängligen, strahligen, dichten, seltener schuppig körnigen Massen. Spec. Gew. 4,2 bis 4,7; Härte 2; bleigrau, oft schwärzlich oder bunt angelaufen, mit stark glänzenden Spaltungsflächen; milde. Schmilzt sehr leicht an der Kerzenflamme, färbt dabei die Flamme schwach grünlich und giebt vor dem Löthrohr auf Kohle unter Entwicklung von schwefliger Säure und weißen Dämpfen einen weißen Beschlag von den S. 582 angegebenen Eigenschaften. In der offenen Glasröhre schmilzt das Mineral zu einer schwarzen, an den Rändern rothen Masse unter Bildung von schwefliger Säure und eines theilweise flüchtigen weißen Sublimats, wie beim metallischen Antimon. Ein auf Kohle etwa bleibender Rückstand reagirt auf Eisen, Blei und Kupfer. — In Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas löslich, wobei ein bleibender weißer Rückstand (Chlorblei) auf einen Bleigehalt deutet. Salpetersäure verwandelt das Mineral in ein weißes Pulver, indem sich nur wenig Antimon löst; es wird von Kalilauge gelb gefärbt und aufgelöst, und aus der Lösung durch Säuren orangerothes Schwefelantimon ausgefällt.

Fig. 119.



Von ähnlichen Mineralien zeigt Graumanganerz keinen deutlichen Blätterdurchgang und ist unschmelzbar, Berthierit, Zinkenit und Jamesonit hinterlassen auf Kohle einen auf Eisen oder Blei reagirenden Rückstand.

Antimonglanz, sowie die meisten anderen Antimonerze finden sich am häufigsten in Gängen mit Quarz, Schwerspath oder Karbonspath, auch in Begleitung von Silber-, Blei-, Kupfer- und anderen Erzen, sie sind sehr oft etwas goldhaltig (z. B. von Kronach, Nicaragua, Ungarn). Die meisten Grauspießglanzerze enthalten Arsen (die Arnsberger sind arsenfrei) und viele Blei. So giebt z. B. das Schwefelantimon von Goldkronach wegen seines Bleigehalts nicht rothes, sondern grünes Spießglanzglas und das daraus bereitete Antimonium diaphoreticum ist durch antimonsaures Bleioxyd gelb gefärbt.

Die hauptsächlichsten Fundorte von Grauspießglanzerz in Deutschland sind folgende:

Im krystallinischen Schiefergebirge und in den älteren Gebirgsarten auf Gängen im Erzgebirge bei Mobendorf, Haynichen, Cunersdorf, Seifersdorf, Rochlitz und bei Schöneck unfern Voigtsberg. Die im Gneiß aufsetzenden Gänge bei Mobendorf unweit Freiberg enthalten Quarz mit Antimonglanz und zuweilen etwas Berthierit, Bournonit, Bleischweif, Steinmannit, Zinkenit, Roth- und Weißspießglanzerz, Schwefelkies und Braunspath. — Im Thonschiefer im Fichtelgebirge bei Brandholz unfern Goldkronach in Baiern mit Quarz, Zundererz, Bleiglanz, Zinkblende, Magnetkies und etwas gediegen Gold. — Im Silur des Harzes zu Wolfsberg mit Quarz, Plagionit, Zundererz und Schwerspath. Im unteren Devon auf Gängen im Großherzogthum Luxemburg bei Gorsdorf eingesprengt, auf unregelmäßigen Klüften zu Bruck an der Ahr, bei Kirchsaar und Berg. Im Plattenkalk des Kulm der unteren Abtheilung des Kohlengebirges zwischen Wintrop und Uentrop bei Arnsberg, wo der Antimonglanz 2 bis 6 Zoll mächtige Durchdringungen in bituminösen Kalksteinschichten und in einigen Schieferlagen zeigt; zuweilen finden sich im Gestein Schwefelkies, Zinkblende, Kalkspath und Flußspath. In der Nähe von Arnsberg finden sich noch Antimonerze, bei Hüsten auf einem Gange mit Kupferkies und Bleiglanz und bei Nuttlar im Flötzleeren auf Gängen, sowie bei Eßhof.

Außer Deutschland trifft man Antimonerze hauptsächlich zu Magurka in Ungarn in einem Gange in Granit, welcher in aufgelöstem Granit goldhaltigen Quarz, Antimonglanz, silberhaltigen Bleiglanz und Kupfererze führt; bei Kremnitz und Toplitzau in Ungarn mit Quarz und Gold, bei Felsö-Banya in Siebenbürgen mit Quarz, Weißmanganerz, Realgar und Schwerspath. Häufig kommt der Antimonglanz in einigen Gegenden von Frankreich, z. B. in der Auvergne vor, ferner in England, Spanien, in Toscana, auf Corsica, in Nord- und Südamerika. In neuerer Zeit wird von der Insel Borneo viel Antimonerz ausgeführt. Grauspießglanzerz von Nicaragua enthält nach Witting 0,5782 Silber und 0,000044 Gold.

Analysen von Grauspießglanzerz.

	Schwefel.	Antimon.	Eisen.
a)	25,94	74,06	—
b)	26,50	73,50	—
c)	26,23	73,77	—
d)	27,85	72,02	0,13

a) nach J. Davy, b) nach Brandes, c) aus Schottland nach Thomson, d) krystallisirt von der Kasparizeche bei Arnsberg in Westphalen nach Schnabel.

2) Antimonblüthe, Weißspießglanzerz, Weißantimonerz, SbO_3 = 84,32 Antimon und 15,68 Sauerstoff. Krystallisirt rhombisch, in breitstreifigen oder länglich tafelförmigen Krystallen, kommt meist garben- und büschelförmig, derb, stänglig, körnig und als Anflug, auch in Pseudomorphosen nach Antimon vor. Spec. Gew. 5,566, Härte 2,5; demant- und perlmutterartig glänzend; halbdurchsichtig bis durchscheinend; weiß, ochergelb, hellcarmoisinroth und schwärzlich grau. Verflüchtigt sich beim Erhitzen vor dem Löthrohr vollständig, beschlägt die Kohle weiß und beim Anblasen mit der Reductionsflamme verschwindet der Beschlag mit grünlichem Schein. In Salzsäure zu einer durch Wasser fällbaren Flüssigkeit leicht auflöslich. Von den ähnlichen Mineralien, Weißbleierz, Stilbit, Schwerspath und Zinkglas, unterscheidet sich die Antimonblüthe durch ihre leichtere Schmelzbarkeit, den weißen Beschlag auf Kohle und die geringere Härte.

Die Antimonblüthe, durch Oxydation des Antimons hervorgegangen, findet sich meist nur in geringen Mengen auf den Lagerstätten des Antimonglanzes; kommt aber in der Provinz Constantine in so großen Mengen vor, daß sie auf französischen Hütten zu Bouc und Septemes in der Nähe von Marseille verschmolzen wird. Dieselbe zeigt sich dort gangartig im Thonmergel, nördlich von Aien-el-Bebbuch. Neben dieser rhombischen Antimonblüthe findet sich nordöstlich davon am Oued-Hamimin Antimonoxyd in regulären Oktaedern (Senarmontit), ebenfalls in mergeligem Gestein in Form von dichten, glasartigen, körnigen oder körnig-blättrigen Massen von dem Ansehen des Weißbleierzes, deren Höhlungen öfters Krystalle von 1 Centimeter Durchmesser enthalten. Dieselben sind den Oktaederflächen parallel undeutlich spaltbar, von unebenem, öfters blättrigem Bruche, leicht durch Kalkspath ritzbar, durchsichtig, stark lichtbrechend und von lebhaftem fettartigem Demantglanz. Nach Kenngott findet sich Senarmontit auch auf schwarzem Grauwackenschiefer von Pernack bei Löfing in Ungarn mit Antimonblüthe und Rothspießglanzerz.

Die unter dem Namen Antimonocher begriffenen Mineralien Cervantit und Stiblith bestehen aus antimonsaurem Antimonoxyd (antimonsaurer antimoniger Säure), letzterer mit 2 Atomen Wasser.

Antimonblüthe von Wolfach enthielt 71,7 antimonige Säure, 1,2 Eisenoxyd, 0,8 Kieselsäure und 6,3 metallisches Antimon; Cervantit von Pereta in Toscana nach Bechi 78,83 Antimon, 11,25 Eisen, 19,41 Sauerstoff und 0,5 Gangart, entsprechend SbO_3, SbO_5; Stiblith von der Grube Herkules bei Eisern im Siegenschen $SbO_3, Sb_5O + 2\,HO$.

3) Rothspießglanzerz, Antimonblende, SbO_3, SbS_3 = 75,05 Antimon, 19,96 Schwefel und 4,99 Sauerstoff. Krystallsystem unbekannt, nadelförmig, haarförmig und büschelförmig gruppirte Krystalle, auch derb eingesprengte, radialfasrige Massen, nach einer Längenrichtung vollständig spaltbar; kirschroth, demantglänzend, schwach durchscheinend; Härte 1 bis 1,5; spec. Gewicht 4,5 bis 4,6. Vor dem Löthrohr schmelzbar und flüchtig und einen Antimonbeschlag auf Kohle absetzend; von Kalilauge gelb gefärbt und dann gelöst. Findet sich in geringen Mengen zu Bräunsdorf bei Freiberg, Przibram, Allemont und Andreasberg; in größeren Mengen in Toscana, von wo dasselbe gemeinschaftlich mit Antimonglanz zur Verhüttung auf die Hütten bei Marseille gelangt.

Antimonblende von Bräunsdorf enthält nach H. Rose 5,05 Antimon, 20,49 Schwefel und 4,78 Sauerstoff.

Außer in den obigen Antimonerzen findet sich Antimon noch in vielen Mineralien, welche aber wegen ihres Antimongehalts nicht Gegenstand der hüttenmännischen Bearbeitung sind, z. B. in gediegen Antimon, gewöhnlich etwas Ag, Fe und As enthaltend; in Verbindung mit Metallen, z. B. als Antimonnickel Ni_2Sb, Arsenantimon $SbAs_3$ und Antimonsilber Ag_6Sb, in Verbindung mit Schwefel und Schwefelsalzen und zwar in Nickelerzen (Nickelspießglanzerz $NiS_2 + NiSb$), in Kupfererzen (Fahlerz $[Cu_2S, FeS, ZnS, HgS]$, SbS_3, Aftonit $RS, SbS_3 + 6RS$, Antimonkupferglanz Cu_2S, SbS_3), in Silbererzen (Sprödglaserz $6\,AgS, SbS_3$; Polybasit $[Cu_2S, AgS], SbS_3$; dunklem Rothgültigerz $3\,AgS, SbS_3$; Weißgültigerz $4\,RS, SbS_3$ u. a.), in Bleierzen (manchen Bleiglanzen, Bournonit $3\,CuS, SbS_3 + 2\,[3\,PbS, SbS_3]$, Zinkenit PbS, SbS_3, Jamesonit $2\,[PbS, SbS_3] + PbS$, Plagionit $3\,[PbS, SbS_3] + 3\,PbS$, Boulangerit $PbS, SbS_3 + 2\,PbS$, Federerz $PbS, SbS_3 + PbS$, Kilbrikenit $PbS, SbS_3 + 5\,PbS$ u. a.).

Im Allgemeinen ist ein Antimongehalt bei Verhüttung von Silber-, Kupfer- und Bleierzen unerwünscht, indem beim Verdampfen des Antimons große Metallverluste durch Verflüchtigung von Silber und Blei, sowie durch Bildung von Speisen und Ofenbrüchen entstehen. Auch wird die Qualität des auszubringenden Hauptmetalls häufig durch geringe Beimengung von Antimon wesentlich vermindert. Nur zuweilen wird das Antimon bei Verhüttung solcher Erze in Nebenproducten nutzbar gemacht, z. B. im Hartblei (s. Blei) bei Verarbeitung antimonhaltiger Bleiglanze und antimonhaltiger Werke; aus Speisen, welche an edlen Metallen arm sind, wird zu Schmöllnitz wohl auf die Weise Antimon gewonnen, daß man sie verbläst und das dabei verflüchtigte Antimonoxyd sammelt und reducirt.

Probiren der Antimonerze. Die Antimonproben auf trocknem Wege sind im Allgemeinen unsicher, was seinen Grund zum Theil in der Flüchtigkeit und Verschlackbarkeit des Antimons, dann aber besonders darin hat, daß bei der üblichen Zerlegung des Schwefelantimons durch Eisen bei einem Ueberschusse an letzterem neben Antimon und Schwefeleisen auch Antimoneisen entsteht, welches das Gewicht des ausgebrachten Königs zu groß ergiebt. Durch kohlensaure Alkalien allein

wird das Schwefelantimon nur unvollständig entschwefelt, indem diese elektronegative Verbindung sehr geneigt ist, mit dem gebildeten elektropositiven Schwefelkalium ein nicht weiter zersetzbares Schwefelsalz zu bilden. Man muß deshalb neben den Alkalien Eisen in richtiger Menge als Zersetzungsmittel anwenden, wobei aber das Ausbringen aus 100 Schwefelantimon 66 bis 68 Proc. nicht zu übersteigen pflegt. Auch Cyankalium zerlegt das Schwefelantimon nicht vollständig; es entsteht neben Schwefelcyankalium ein Schwefelsalz des Antimons, welches durch Cyankalium nicht weiter zersetzt wird. Wirksamer wegen des Eisengehalts ist ein Gemenge von Blutlaugensalz mit Cyankalium, bei welchem das Ausbringen bis auf 72 Proc. steigt. Bei Anwendung von Eisen, in welcher Form dies auch geschehen mag, ist der Antimonkönig stets eisenhaltig.

Zur docimastischen Untersuchung des Schwefelantimons sind folgende Methoden in Anwendung:

1) Schmelzen mit schwarzem Fluß und Eisen. 1 Probircentner (s. Bleiproben) Antimonerz wird mit dem 1- bis 2fachen schwarzem Fluß (s. Bleiproben) (oder statt dessen mit dem 1- bis 2fachen eines Gemenges von Potasche und 10 bis 15 Proc. Weizen- oder Roggenmehl) und bis 42 Th. Eisenfeile gemengt, nöthigenfalls, wenn viel strengflüssige Erden, z. B. Quarz, im Erze vorhanden sein sollten, bis 25 Proc. Boraxglas zugeschlagen, das Gemenge in eine Bleitute (s. Bleiproben) gethan, mit einer starken Kochsalzschicht bedeckt und im Muffel- oder Windofen (s. Bleiproben) etwa $^3/_4$ Stunden bis zum vollständigen Fluß erhitzt. Die aus dem Ofen genommene Probe wird nach dem Erkalten vorsichtig entschlackt, damit keine Antimontheilchen vom spröden Regulus abspringen. Man bringt bis 68 Proc. Antimon aus. Nimmt man mehr Eisen als 42 Proc., so erfolgen zu schwere eisenreiche Könige.

2) Schmelzen mit Blutlaugensalz und Cyankalium. Nach Levol wird 1 Probircentner Antimonerz mit 2 Ctnr. entwässertem Blutlaugensalz gemengt, das Gemenge mit $^1/_2$ Ctnr. Cyankalium bedeckt und in einem Thontiegel der Kirschrothglühhitze ausgesetzt. Bei dieser niedrigen Temperatur wird die Metallverflüchtigung beeinträchtigt und bei der feinen Zertheilung des Eisens im Blutlaugensalze eine vollständigere Zersetzung erreicht, als bei allen anderen Proben, so daß das Ausbringen bis auf 72 Proc. steigen kann.

3) Rösten und reducirendes Schmelzen. Das Erz wird mit der möglichsten Vorsicht bei ganz allmälig steigender Temperatur und unter öfterem Umrühren mit einem Eisen- oder Thonstab so lange geröstet, bis sich keine schweflige Säure mehr entwickelt und ein lockeres, weiß- oder gelblichgraues Pulver entstanden ist. Die leichte Schmelzbarkeit des Schwefelantimons, sowie das Bestreben desselben, mit gebildetem Antimonoxyd eine schwer zersetzbare leichtflüssige Verbindung einzugehen, machen die Röstung schwierig. Das Röstgut wird mit dem etwa 1- bis 2fachen Gewicht schwarzem Fluß oder Potasche und Mehl, nöthigenfalls bei Boraxzusatz, bei einer starken Kochsalzdecke in einer Bleitute etwa innerhalb $^3/_4$ Stunde in Fluß versetzt. Man bringt nach dieser Methode höchstens 64 bis 65 Proc. Antimon aus.

Nach diesem Verfahren werden auch, jedoch ohne vorherige Röstung, oxydische Erze probirt.

4) Indirectes Verfahren. Enthält das Erz außer Schwefelantimon keine Bestandtheile, welche durch Salzsäure angegriffen werden, so digerirt man das fein aufgeriebene Erz so lange mit solcher, bis sich kein Schwefelwasserstoffgas mehr entwickelt, also alles Schwefelantimon zersetzt ist. Man filtrirt, süßt den Rückstand mit Salzsäure aus, trocknet und wägt ihn. Die Differenz ergiebt den Gehalt an Schwefelantimon, aus welchem sich der Antimongehalt berechnen läßt. 100 Schwefelantimon enthalten 72,77 Antimon.

Den Gehalt des Erzes an Schwefelantimon bestimmt man auch wohl dadurch, daß man, analog dem Verfahren im Großen, etwa 1 bis $1^1/_2$ Kilogr. Erz in Hasel- bis Wallnußgröße in einem bedeckten Tiegel erhitzt, welcher im Boden durchlöchert und in einen anderen Tiegel luftdicht theilweise eingesetzt ist. Schon bei mittlerer Rothglühhitze saigert das Schwefelantimon im oberen Tiegel aus den Erden aus und fließt in den unteren Tiegel.

Metallurgische Behandlung der Antimonerze.

Dieselbe bezweckt entweder nur ein Aussaigern des Schwefelantimons aus den dasselbe begleitenden Gangarten (Darstellung von Antimonium crudum, welches als solches in der Technik mehrfache Anwendung findet) oder die Darstellung von metallischem Antimon (Regulus antimonii) aus dem Antimonium crudum oder direct aus den rohen Erzen.

A. Darstellung von Antimonium crudum durch Aussaigern des Schwefelantimons. Obgleich man bemüht ist, durch eine zweckmäßige Handscheidung die tauben Bergarten von den Antimonerzen möglichst abzusondern, so gelingt dies doch niemals vollkommen, weshalb man das schon bei mäßiger Rothglühhitze schmelzende Schwefelantimon aus den strengflüssigen Erden ausschmilzt (aussaigert). Dabei ist nicht zu vermeiden, daß noch mindestens 10 bis 12 Proc. Antimon in den Rückständen bleiben, welche nicht gewonnen werden können. Eine Absaigerung ist bei Erzen in Schliechform weniger vollständig, als wenn dieselben Hasel- oder Wallnußgröße haben. Bei Anwendung höherer Temperaturen tritt eine starke Metallverflüchtigung ein; bei Weißglühhitze ist das Schwefelantimon vollständig flüchtig.

Das Aussaigern des Schwefelantimons geschieht entweder direct auf dem Heerde eines Flammofens oder gewöhnlicher in Gefäßen (Töpfen und Röhren), welche bald bloß durch umgelegtes freies Feuer, bald in einem Flammofen erhitzt werden. In letzterem Falle befindet sich der Recipient bald innerhalb, bald außerhalb des Ofens. Die Auswahl der einen oder anderen Methode hängt hauptsächlich von den Preisen des Brennmaterials und des Antimonium crudum ab.

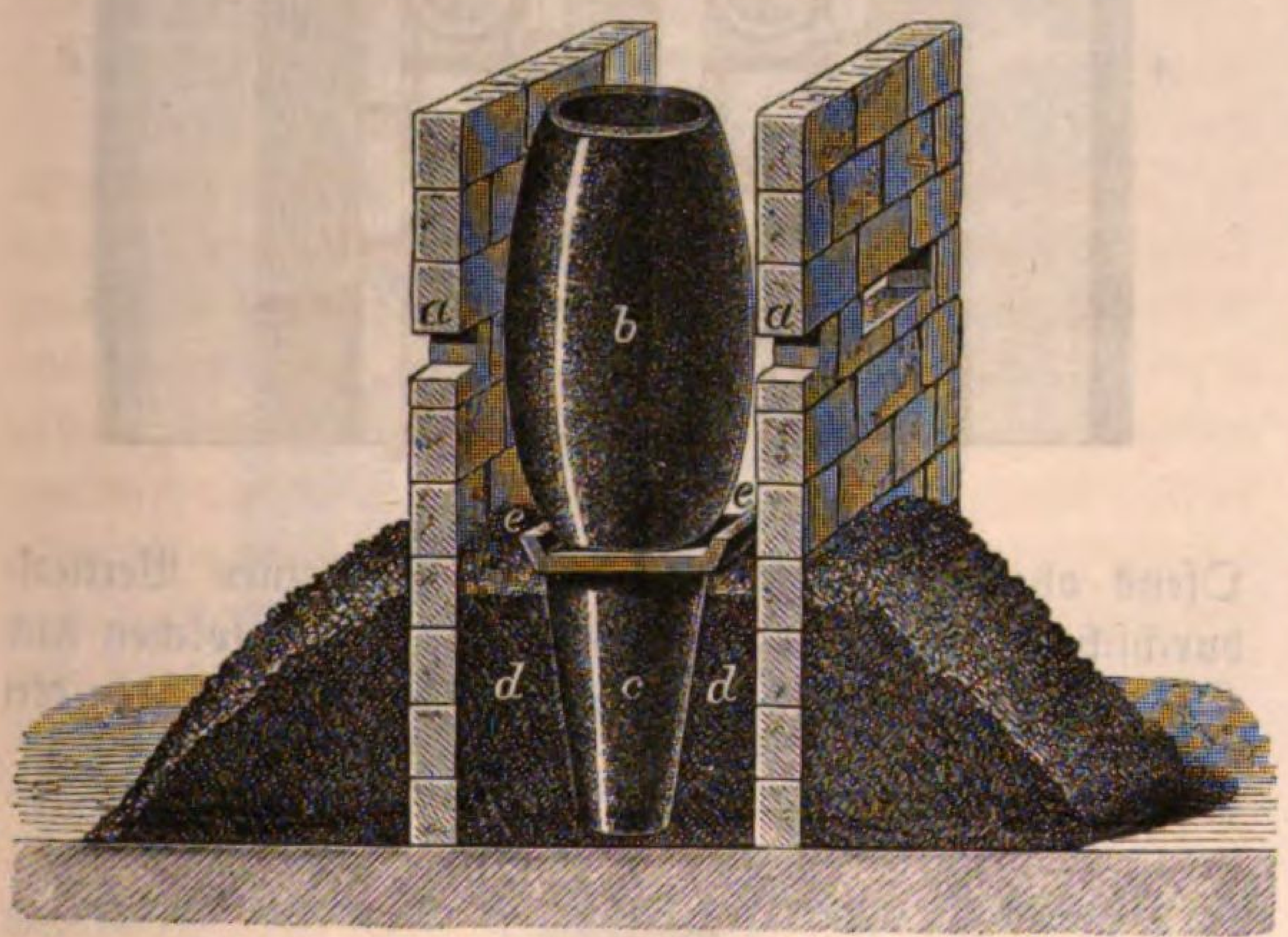
1. Saigern in Töpfen bei freiem Feuer. Dieses Verfahren, so kostspielig und unzweckmäßig dasselbe bei der sehr unvollständigen Ausnutzung des Brennmaterials erscheint, gewährt doch in Gegenden, wo

das Holz nicht zu hoch im Preise steht, die Vortheile, daß bedeutende Massen von Antimonium crudum, deren Darstellung in geschlossenen Räumen viel Zeit erfordern und auf die Gesundheit der Arbeiter ungünstig einwirken würde, in größeren Gefäßen auf diese Weise in wenigen Stunden und ohne den geringsten Nachtheil für die Arbeiter gewonnen werden kann. Die Saigerung läßt sich gleich unmittelbar neben der Grube vornehmen, so daß an Transportkosten wesentlich gespart und der Mehrverbrauch an Brennmaterial gegen andere Methoden dadurch wieder aufgewogen wird. Besonders für reichere Erze eignet sich diese Methode, während man für ärmere, welche zur Behandlung höhere Temperaturen erfordern, Flammöfen vorzieht.

Als Beispiele für diese Methode mögen folgende dienen:

Zu Wolfsberg am Harze wird das durch Handscheidung und Klaubarbeit möglichst gereinigte Grauspießglanzerz in Thontöpfe *b* (Fig. 120) gethan,

Fig 120.



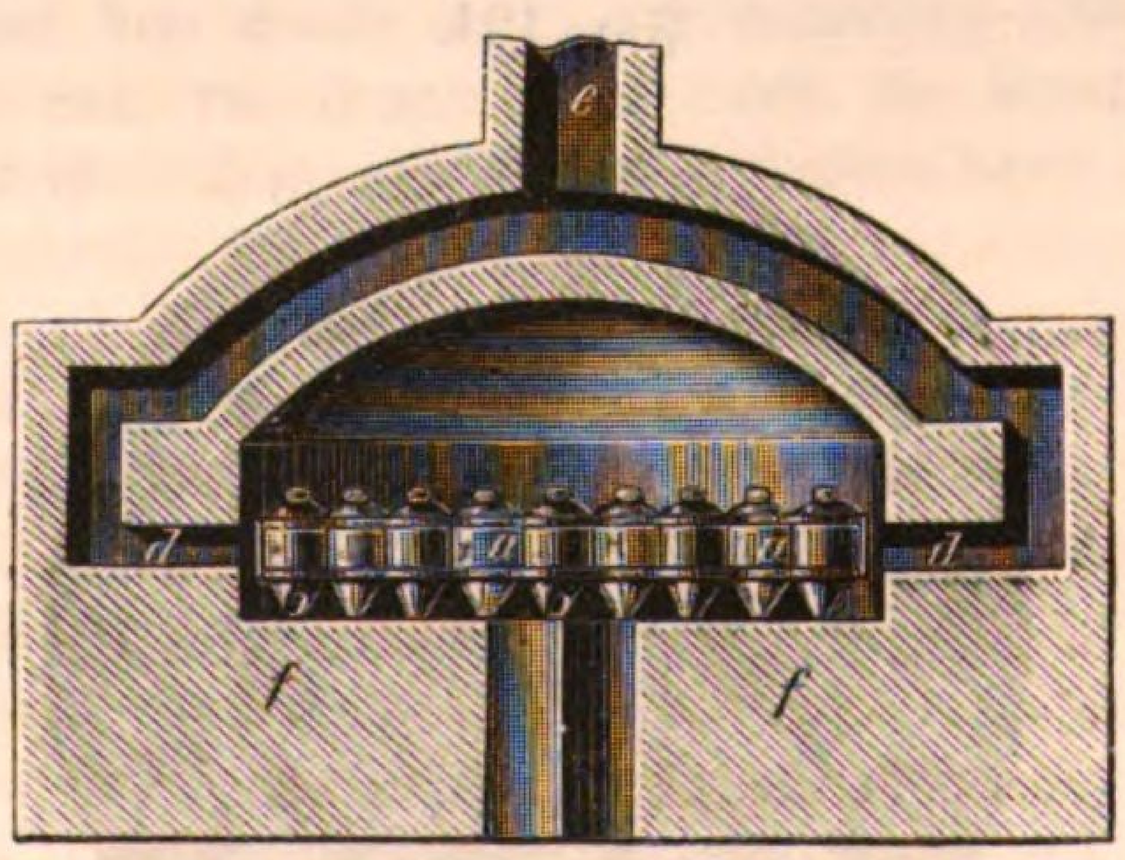
welche, mit Oeffnungen im Boden, dicht in die Recipienten *c* eingesetzt sind. Letztere sind mit schlechten Wärmeleitern *d* (Asche, Sand, Dammerde) umgeben. Auf dieser Umhüllung wird bei *e* ein Holzfeuer angebracht und durch mit Zuglöchern versehene Wände *a*, aus lose zusammengestellten Steinen gebildet, zusammengehalten. Das Schwefelantimon fließt dann aus den Gefäßen *b* durch die Oeffnungen im Boden in den Recipienten *c*.

Zu Magurka in Ungarn wird das mit goldhaltigem Quarz, Schwefelkies, Kalkspath und Braunspath, selten mit Bleiglanz vorkommende Grauspießglanzerz, jährlich 70- bis 80,000 Ctnr., feingepocht, die Pochtrübe theils durch Quickmühlen geleitet, theils auf Plannenheerden, die in Rinnwerken aufgesammelten Pochmehle auf Stoßheerden und liegenden ungarischen Schlämmheerden und endlich der Sumpfschlamm auf Kehrheerden verwaschen. Man erhält dabei etwa 70 bis 80 Mark Gold, 250 bis 300 Mark Silber und 2500 bis 3000 Ctnr. saigerwürdiges Antimonerz. Behuf der Saigerung wird ein trockner freier Platz $1/2$ Fuß hoch mit Asche und Kohlengestübbe bedeckt und bei einer Breite des Heerdes von 10 Fuß 29 bis 30 irdene Töpfe (Recipienten) von etwa 11 Zoll Höhe in einer Linie dicht neben einander zu etwa $3/4$ ihrer Höhe in die Sohle eingesenkt. In den Recipienten setzt man einen ebenfalls 11 Zoll hohen Topf mit 3 runden $3/4$zölligen Löchern im Boden ein und in diesen einen dritten mit ganz herausgeschlagenem Boden. Jeder der beiden Töpfe faßt 8 bis 9 Pfd. Antimonerz. Es zählt danach eine Reihe 29 bis 30 Recipienten und 58 bis 60 Töpfe. Gewöhnlich stellt man 33 bis 34 solcher Reihen in 1 Fuß Entfernung von einander auf, legt in die Zwischenräume dünngespaltenes, gutgetrocknetes Tannen- und Fichtenholz in 2 Fuß langen Scheiten vorsichtig ein, überdeckt das Ganze noch mit einer dünnen Querlage von Scheiten derselben Länge und bringt die ganze Holzmasse mit einem Male von allen Seiten mittelst Holzfackeln in Brand. Die Saigerung ist bei einem Aufwand von 10 bis 12 Klaftern Holz innerhalb $1/2$ Stunde beendigt und man erhält 80 bis 84 Ctnr. Antimonium crudum. Zur Zurichtung des Heerdes, zum Ausnehmen der Rückstände und Antimonkönige, sowie zum Reinigen und Verpacken der Könige sind 10 Arbeiter $1\frac{1}{2}$ bis 2 Tage beschäftigt.

2. Saigern in Töpfen oder Röhren in Flammöfen. Bei diesem Verfahren wird das Brennmaterial vollständiger ausgenutzt, als bei dem vorigen und wegen der möglichen Steigerung der Hitze läßt sich aus ärmeren Erzen ein besseres Ausbringen erreichen. Es können aber die Zinsen des Anlagecapitals für den Flammofen, sowie die Transportkosten des Erzes von der Grube nach der Hütte größer sein, als der Werth des ersparten Brennmaterials. Je nachdem die Recipienten sich innerhalb oder außerhalb des Ofens befinden und somit ein unterbrochener oder continuirlicher Ofengang stattfindet, gewähren die Flammöfen in ökonomischer Hinsicht günstigere oder ungünstigere Resultate.

a. Oefen mit unterbrochenem Betriebe. In derartigen Oefen befindet sich der Recipient innerhalb des Feuerraums und es muß, was auf Zeit- und Brennmaterialersparung ungünstig einwirkt, der Ofen nach jeder Saigerung erkalten, bevor die Gefäße entleert werden können. Ein derartiges Verfahren ist unter Anderem zu La Lincouln im Haute-Loire-Departement in Frankreich in Anwendung. Irdene Töpfe *a* (Fig. 121 und 122) von 19 Zoll Höhe, 11 Zoll oberem und

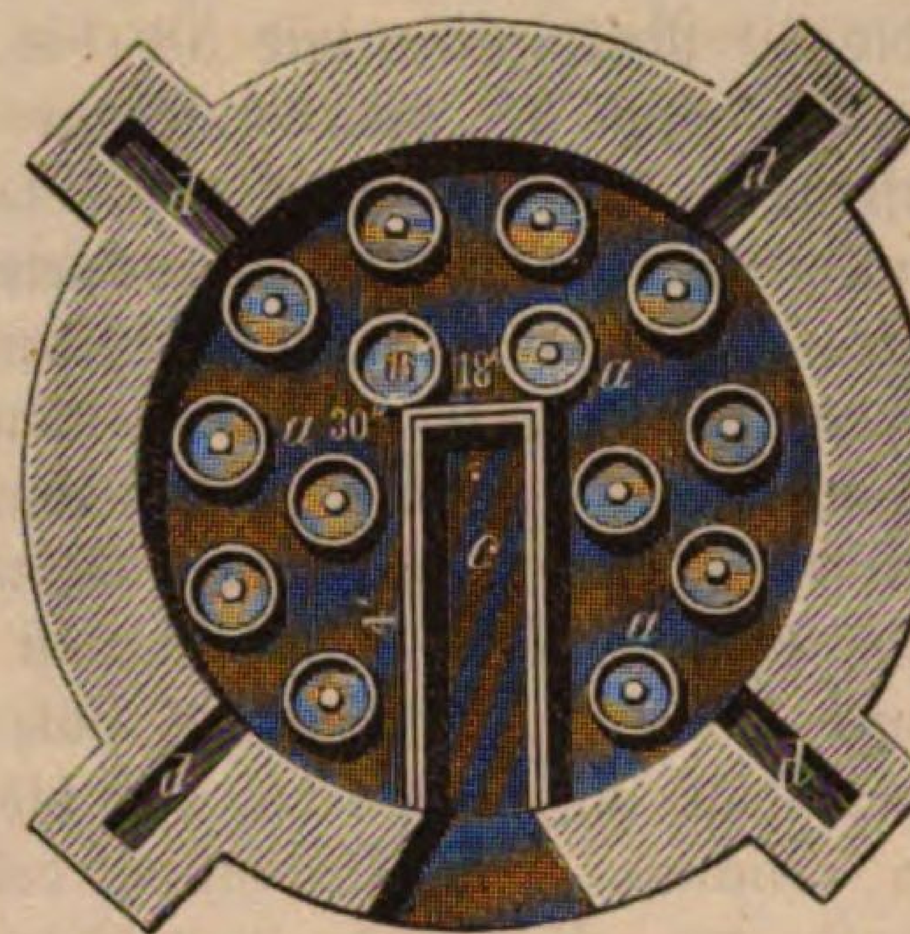
Fig. 121.



9 Zoll unterem Durchmesser, mit 5 halbzölligen Löchern im Boden versehen, stehen auf dem Flammofenheerd auf bauchigen Untersätzen *b* von 9 Zoll Höhe, 10 Zoll Weite

im Bauche und 8 Zoll Durchmesser oben und unten. *c* Feuerung. *d* Füchse. *e* Esse. *f* Fundament. In jedes Gefäß thut man 40 Pfd. Erz, und zwar zu unterst

Fig. 122.



reiches, darauf ärmeres und zu oberst das ärmste. Nach einstündigem gelindem Heizen, damit die Erzstücke nicht zerspringen, feuert man 3 Stunden stärker, dann zur Verminderung des Metallverlustes 2 Stunden wieder schwächer. Sodann läßt man den Ofen 20 bis 24 Stunden lang abkühlen, nimmt aus den Recipienten die 20 bis 24 Pfd. schweren Kuchen heraus und verbraucht bei einem Ausbringen von 50 Proc. Schwefelantimon auf 3000 Pfd. Erz 15 bis 16 Cubikfuß Birkenholz.

Fig. 123.

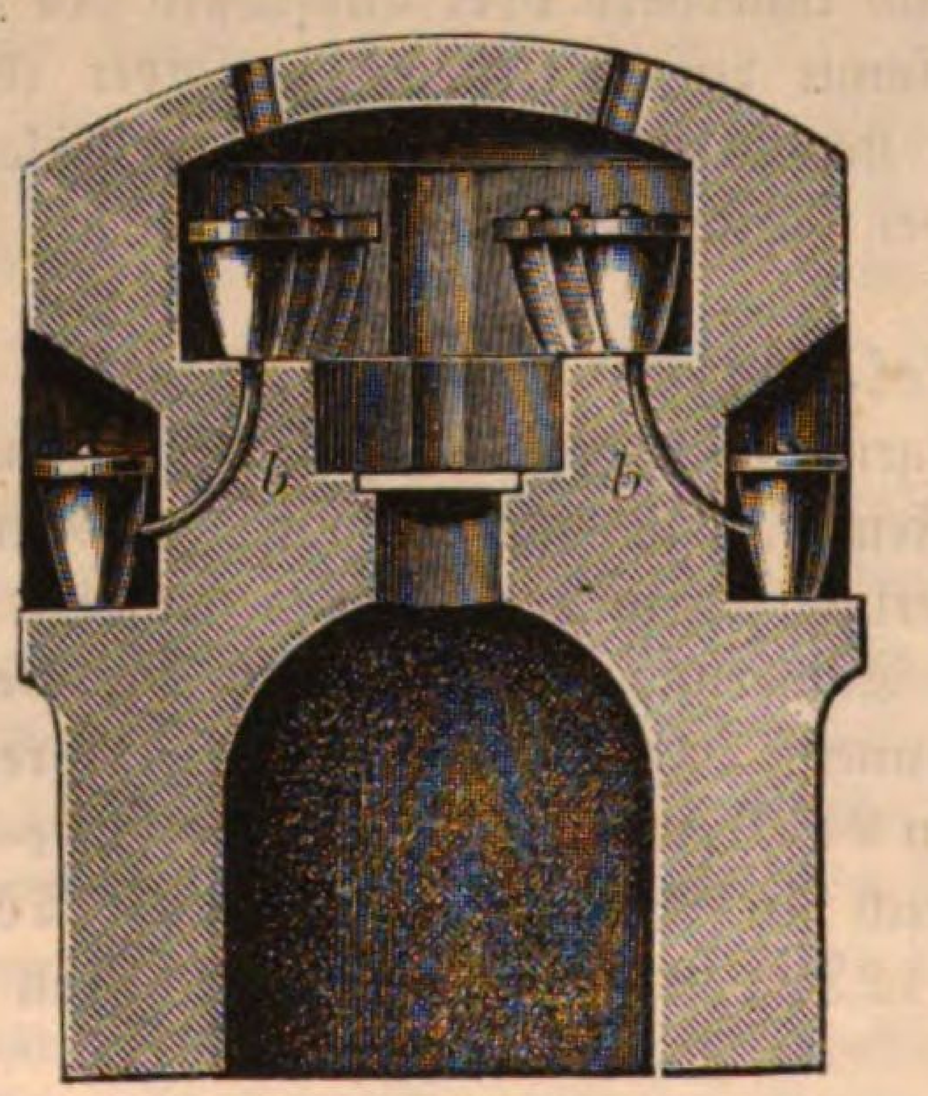
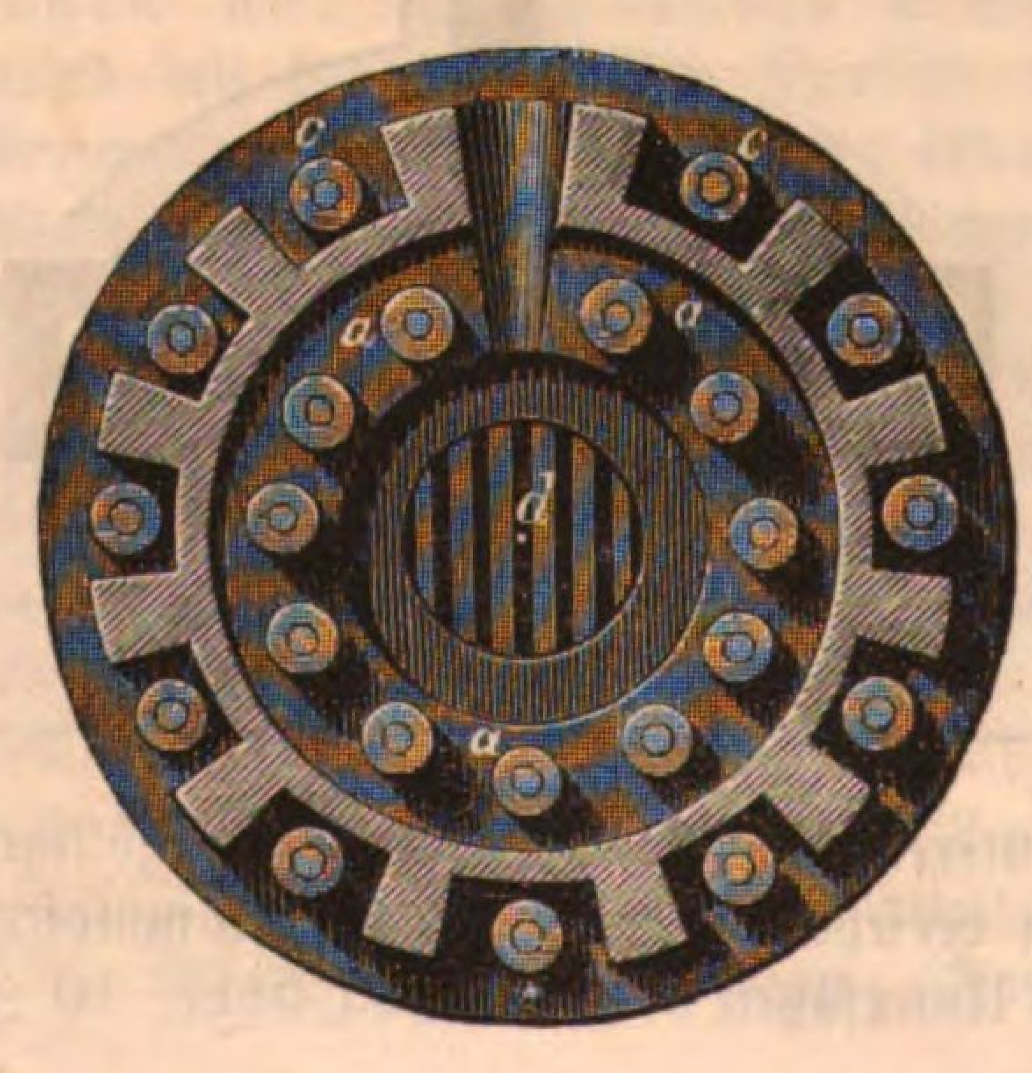


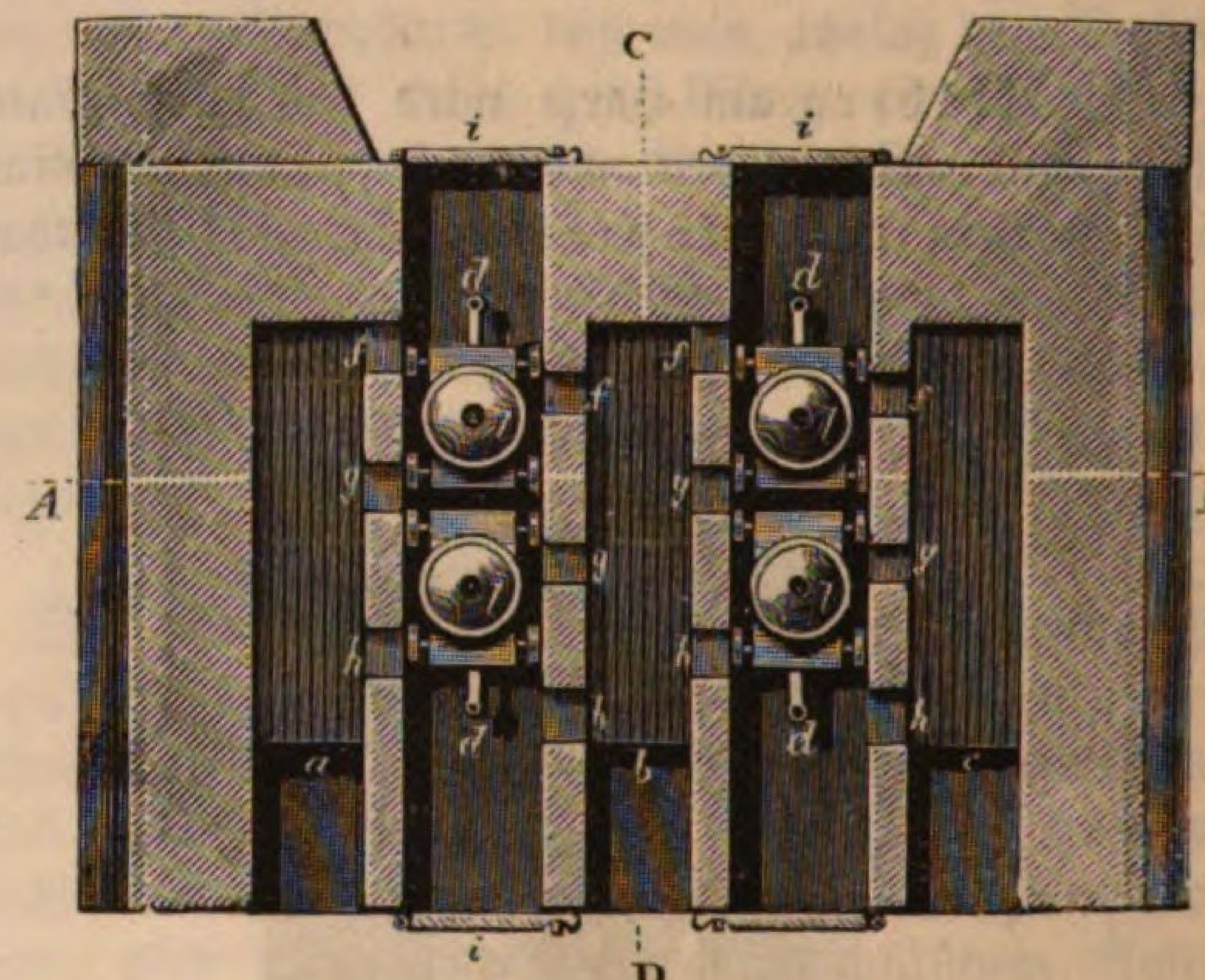
Fig. 124.



b) Oefen mit continuirlichem Betriebe. Dieselben geben in Bezug auf Brennmaterial- und Zeitersparung günstigere Resultate, als die vorigen. Eine ältere complicirtere Einrichtung der Art, zu Schmöllnitz in Ungarn in Anwendung, zeigen die Fig. 123 und 124. *a* Töpfe zur Aufnahme des Erzes, mit einem Deckel verschließbar und im Boden mit einer Oeffnung versehen, welche durch Röhren *b* mit dem Recipienten *c* communicirt. *d* Rost.

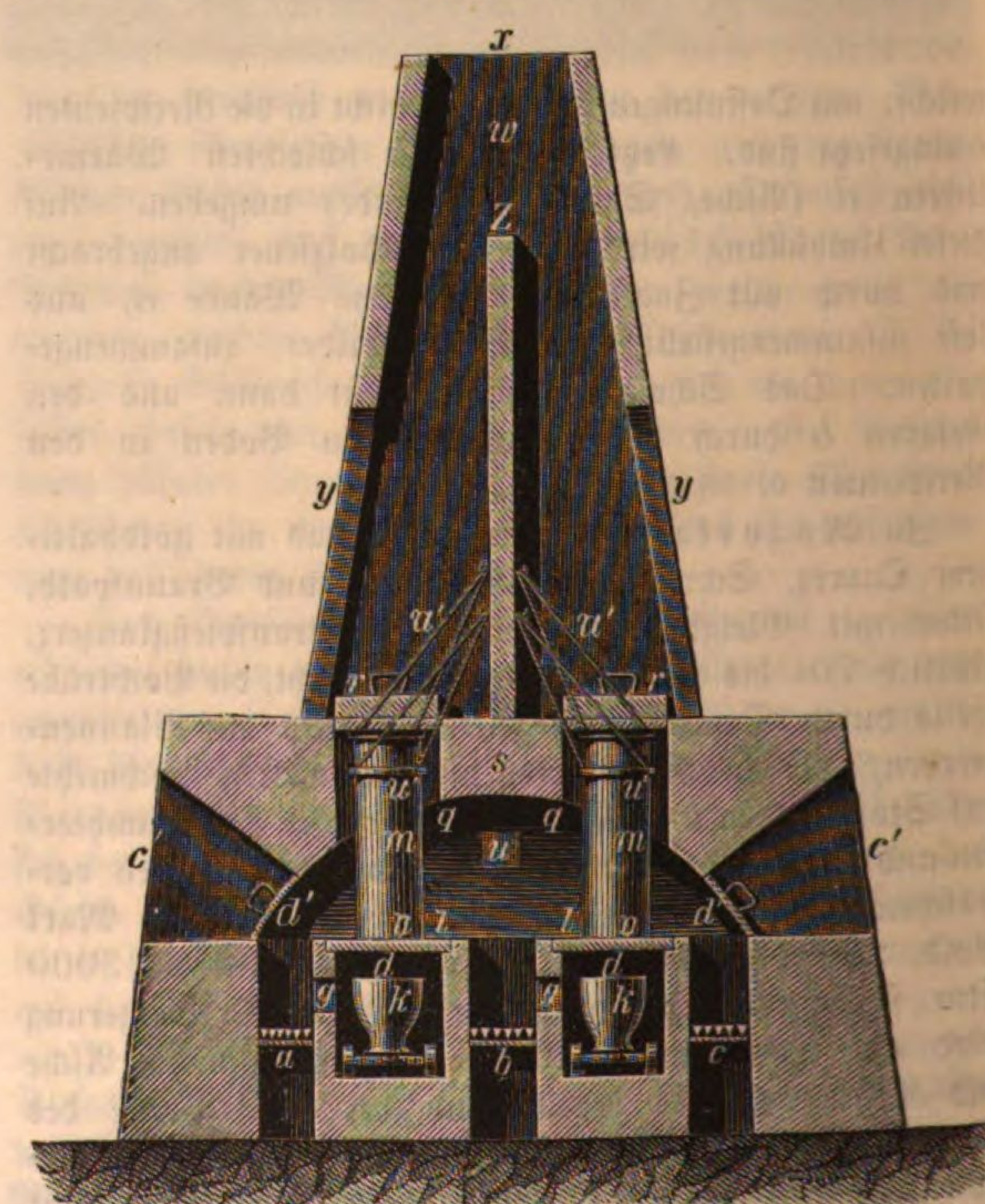
Der zweckmäßigste Ofen dieser Art, welcher für größere Productionen am häufigsten angewandt wird, ist der von Malbosc im Ardèche-Departement (Frankreich). Fig. 125 giebt einen Horizontaldurchschnitt des

Fig. 125.



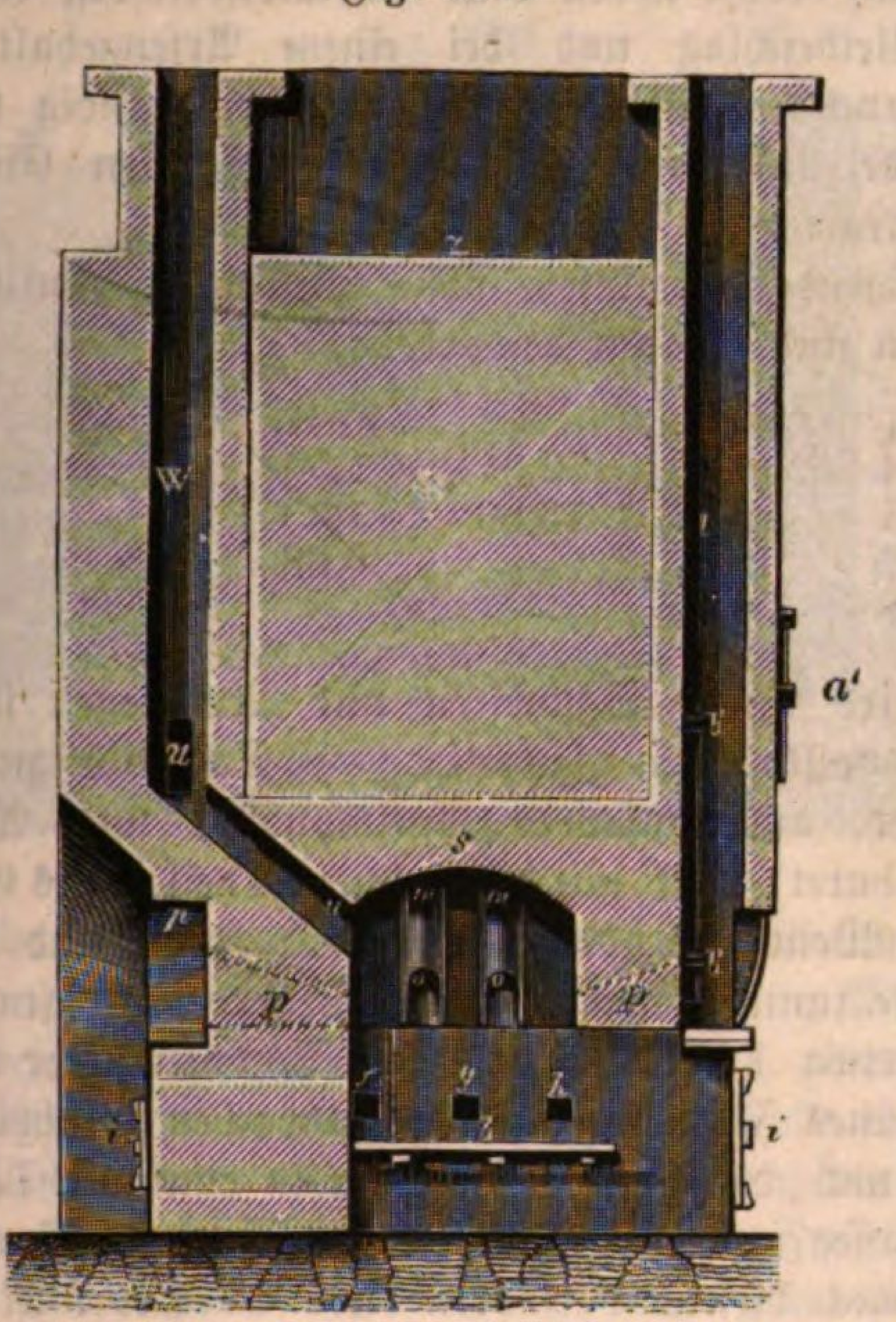
Ofens oberhalb der Tiegel *k*, Fig. 126 einen Verticaldurchschnitt nach *AB* und Fig. 127 einen solchen nach *CD*. Der backofenähnlich gewölbte Ofen hat drei

Fig. 126.



Feuerungen *a*, *b* und *c* mit 1,35 Meter langen und 0,27 Meter breiten Rosten zu 6 Traillen, von denen aus die Flamme theils durch 0,08 bis 0,1 Meter hohe und breite Züge *f*, *g* und *h* in die Canäle *d*, theilweise in den gewölbten Ofenraum *q* oberhalb der Canäle *d* tritt und von hier durch 3 mit Schiebern versehene Füchse *u* von 0,05 Meter im Gevierte in eine 4 Meter hohe Esse *w* von 0,27 bis 0,32 Meter Länge und Breite gelangt. Die zu den Rosten führenden Schüröffnungen befinden sich an der Vorderseite des Ofens und die Züge *f*, *g* und *h* liegen einander nicht gerade

Fig. 127.



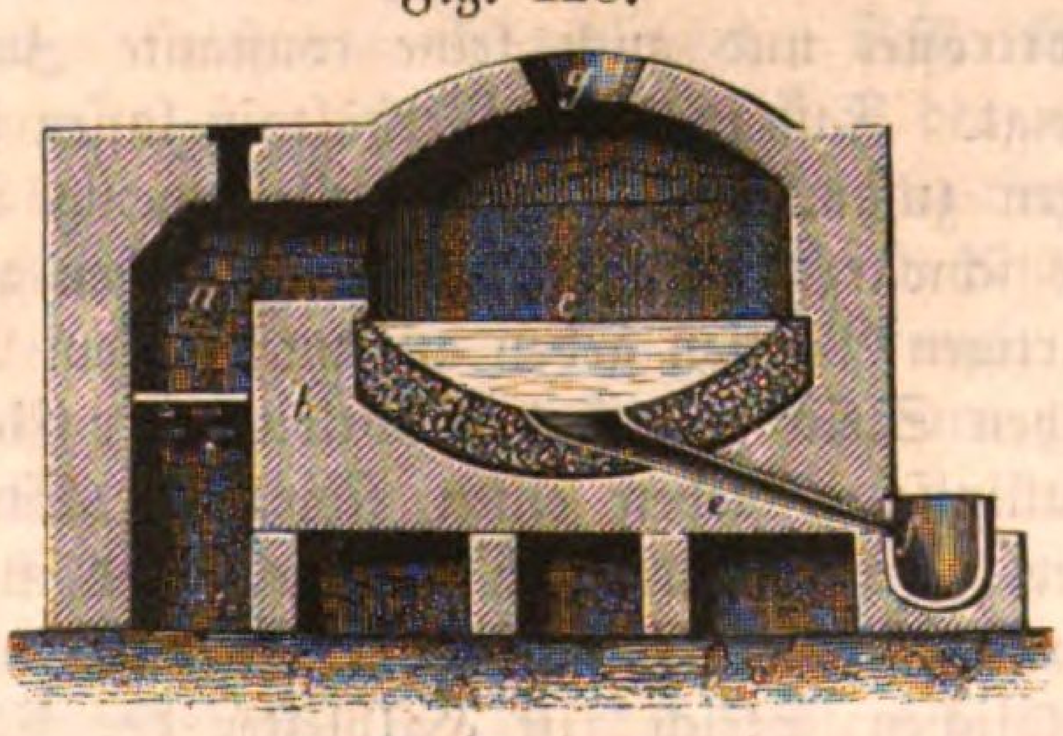
gegenüber, damit sich die Canäle *d* recht gleichmäßig erhitzen. Letztere sind 0,48 Meter hoch, 0,35 Meter breit und 2,70 Meter lang, an beiden Seiten mit eisernen Thüren *i*, welche verschließbare Spählöcher haben, versehen und mit viereckigen Platten *l* aus feuerfestem Thone bedeckt. Zur Verhütung des leichten Springens sind die Platten in der Mitte getheilt und ruhen auf eisernen Querschienen. Die Gassen *d* nehmen eine jede 2 gußeiserne Töpfe *k* von 0,3 bis 0,35 Meter Höhe, 0,25 Meter oberer und 0,15 Meter unterer Weite auf, welche auf einem Wagengestell ruhen und an einer Handhabe auf Eisenschienen leicht hin und her geschoben werden können. Auch sind sie bei $^{2}/_{3}$ ihrer Höhe mit Handhaben versehen und innen mit Letten ausgeschmiert, damit das hinein tröpfelnde Schwefelantimon nicht an den Wänden festhaftet. Die Deckplatten *l* jeder Gasse *d* enthalten 2 kreisförmige Ausschnitte zur Aufnahme der Thoncylinder *m* und die Aushöhlung geht nach dem Mittelpunkte etwas konisch zu, so daß hier eine 0,01 Meter weite Oeffnung bleibt, durch welche das demnächst aussaigernde Schwefelantimon in die Tiegel *k* gelangt. Die über 1 Meter hohen, oben 0,25, unten 0,2 Meter weiten und in den Wänden 0,015 Meter dicken Röhren *m* sind seitwärts am Boden mit 0,07 Meter breiten und 0,12 Meter hohen Ausschnitten *o* zum Ausräumen der Rückstände versehen und während des Saigerns durch genau passende Thonpfropfen *n* verschlossen. Diese schiebt man durch das Gewölbe *p* ein, dessen vordere verjüngte Oeffnung mit den Ausschnitten *o* zusammentrifft. Die Cylinder *m* gehen durch das Gewölbe des Ofens hindurch und sind oben mit einem Thondeckel *r* verschlossen. Dieselben werden durch die Oeffnungen *y* in dem durch eine Zunge *z* getheilten Schornstein *x* zugängig. *s* Gewölbbogen. *c'* Oeffnungen, durch Vorsetzplatten *d'* verschließbar, um durch diese etwa beschädigte Cylinder ausbessern zu können. *t* Schornstein zur Aufnahme der Antimondämpfe beim Ausräumen der Rückstände aus den Röhren *m*. *a'* und *b'* Verankerungen.

Die Ausführung der Saigerung geschieht in der Weise, daß man den sorgfältig abgewärmten Ofen allmälig (nach etwa 48 Stunden) bis zur Weißgluth bringt und das vorher auf dem Ofen angewärmte Erz in eigroßen Stücken in die Cylinder *m* füllt und diese bedeckt. Alsbald fließt das Schwefelantimon durch die Oeffnungen im Cylinderboden in die Recipienten *k* und zwar bei richtiger Hitze mit blauer Farbe. Bei einer rothen Farbe ist die Temperatur zu hoch und die Antimonverflüchtigung zu bedeutend. Die anfangs offenen Züge *f*, *g* und *h* werden später, wenn die Töpfe *k* die gehörige Temperatur haben, mit Lehm geschlossen. Saigert selbst nach dem Aufräumen der Tropflöcher mit einer eisernen Stange kein Schwefelantimon mehr aus, so öffnet man die Cylinderausschnitte *o* und zieht die Rückstände aus, wobei gleichzeitig die Röhren von oben mittelst eines Rengels von Ansätzen gereinigt werden. Die Recipienten *k* werden durch leere ersetzt, sobald sie sich bis zu $^{3}/_{4}$ angefüllt haben. Nach dem Erkalten löst sich das Schwefelantimon leicht ab und wird in Kuchen von etwa 40 Kilogr. Gewicht erhalten. Während des Auswechselns der Recipienten hält man einen erwärmten eisernen Löffel unter das Tropfloch. Ein Schmelzen dauert etwa 20 Tage und das Besetzen der Cylinder erfolgt alle 3 Stunden. Jeder Cylinder faßt 222 Kilogr. Erz und liefert 44 Kilogr. Antimonium crudum.

3. Saigern direct auf dem Heerde eines Flammofens. Hierbei wird das Brennmaterial vollständiger ausgenutzt, als bei den früheren Methoden, aber es findet ein größerer Metallverlust durch Verflüchtigung Statt.

Zu Ramée in der Vendée erhitzt man das Antimonerz *c* auf dem Heerd *d* eines Flammofens (Fig. 128), welcher von der Feuerung *a* durch die Feuerbrücke *b* getrennt ist. Das ausgesaigerte Antimonium crudum

Fig. 128.



fließt durch den Canal *e* in den Recipienten *f*. Das Chargiren geschieht durch die Oeffnung *g* im Ofengewölbe. Zum Erhitzen des Erzes führt man die Feuergase mittelst eines Zuges auch um dasselbe herum. Eine Charge von 8 bis 10 Ctnr. mittelreicher Erze liefert bei einem Aufwand von 20 Cubikfuß Holz 400 bis 500 Pfd. Antimonium crudum. Man verarbeitet in einem Tage 2 bis 3 Chargen.

Eigenschaften des Antimonium crudum. Dieses Product zeigt bei langsamer Abkühlung das im Handel verlangte strahlig krystallinische Gefüge, während dasselbe bei plötzlicher Abkühlung unansehnlich wird. Die Handelswaare hat die kugelförmige Gestalt der Gefäße angenommen, in denen sie erstarrte, ist stark metallisch glänzend, graphitfarben und sehr weich; geht die bläuliche Farbe ins Röthliche über, so deutet dies auf eine zu große Hitze beim Saigern. Das käufliche Schwefelantimon enthält meist Arsen. Wackenroder fand in verschiedenen Sorten 0,06 bis 0,65 Proc. Schwefelarsen, Reichardt im ostindischen Schwefelantimon 0,49 Proc., in solchem von Goldkronach in Oberfranken 0,185 As, 8,37 Pb, Spur Fe und 25,78 S. Das Antimonium crudum von Casparizeche bei Arnsberg ist arsenfrei. Häufig findet sich darin ein Bleigehalt, auch wohl Eisen und Kupfer. Das Schwefelantimon von Goldkronach liefert, wie bereits bemerkt, wegen seines Bleigehalts nicht rothes, sondern grünes Spießglanzglas und ein von antimonsaurem Bleioxyd gelb gefärbtes Antimonium diaphoreticum.

Solches unreines Schwefelantimon giebt beim Erhitzen auf Kohle neben dem Antimonbeschlag einen gelben Bleibeschlag und bei einem Arsengehalt Knoblauchgeruch, verflüchtigt sich nicht vollständig und der bleibende Rückstand zeigt mit Glasflüssen Eisen- und Kupferreaction.

Folgende Analysen von käuflichem Antimonium crudum sind bekannt geworden:

	Sb	Pb	Fe	As	S	oder	SbS_3	SbS_5	PbS	FeS_2
a)	62,48	10,40	0,70	Spr.	26,42	„	81,54	4,95	12,01	1,50
b)	59,67	11,96	0,63	Spr.	27,74	„	65,51	19,34	13,80	1,35
c)	70,26	—	0,31	—	29,43	„	80,25	19,07	—	0,68
d)	71,98	—	—	—	28,02	„	91,98	8,02	—	—

a) von Goldkronach, bunt angelaufen, spec. Gew. 5,064; b) ebend., nicht bunt angelaufen; c) aus Ungarn, spec. Gew. 4,199; d) aus England, spec. Gew. 4,368, sämmtlich nach Wittstein.

B. Darstellung von metallischem Antimon (Regulus Antimonii). Die Darstellung des metallischen Antimons geschieht meist aus Antimonium crudum fabrikmäßig, seltener auf Hüttenwerken direct aus den Erzen. Der Verbrauch an metallischem Antimon hat beträchtlich abgenommen, seitdem man sich zur Darstellung der Buchdruckerlettern, des Zapfenlagermetalls ꝛc. des Hartbleies (s. Blei) der Hütten bedient.

1. Darstellung des metallischen Antimons aus Antimonium crudum.

a) Zerlegung des Antimonium crudum durch combinirte Oxydations- und Reductionsprocesse. Das Schwefelantimon wird in einem Reverberirofen bei ganz allmälig steigender Temperatur und unter öfterem Wenden so lange geröstet, bis sich keine schweflige Säure mehr entwickelt und die ursprüngliche schwarze Farbe in eine gelblichweiße übergegangen ist. Die Abröstung des Schwefelantimons ist nicht ohne Schwierigkeit, weil dasselbe an und für sich leicht schmilzt und dann mit dem gebildeten Antimonoxyd eine sehr leichtflüssige Verbindung (Antimonglas, Vitrum antimonii) giebt, welche nicht weiter fortröstet und auch keine constante Zusammensetzung zeigt. Fast in jedem Verhältniß lassen sich beide Substanzen zusammenschmelzen. Bei wenig Oxyd ist das Glas schwarz, innen krystallinisch, außen glasartig; die glasartigen Partien geben auf unglasirtem Porzellan einen rothen Strich und sind Nichtleiter der Elektricität, die krystallinischen geben einen schwarzen Strich und sind Leiter. Schwefelantimon mit viel Oxyd ist bei sehr langsamem Erkalten krystallinisch, grauschwarz, zeigt einen röthlichen Strich, ist Halbleiter der Elektricität und wird durch Schmelzen und Ausgießen in kaltes Wasser vollkommen glasartig. — Das Röstgut (Antimonoxyd, antimonsaures Antimonoxyd und Antimonoxysulphuret) wird mit dem zehnten Theil seines Gewichts rohem Weinstein oder mit 1 Th. Kohle und ½ Th. Potasche innig gemengt, in einem feuerbeständigen irdenen Tiegel etwa 1 Stunde lang im Windofen oder auf dem Heerd eines Flammofens einer schwachen Glühhitze ausgesetzt und dann das Antimon in eine mit Talg oder Lehmwasser ausgestrichene eiserne Form gegossen. Man erhält nach diesem Verfahren etwa 65 Proc. Metall.

Eine andere Methode besteht darin, daß man 8 Th. gepulvertes Schwefelantimon mit 6 Th. Weinstein und 3 Th. Salpeter, innig gemengt, in kleinen Portionen in einen rothglühenden Schmelztiegel einträgt, welcher einige Zeit lang dieser Hitze ausgesetzt bleiben muß.

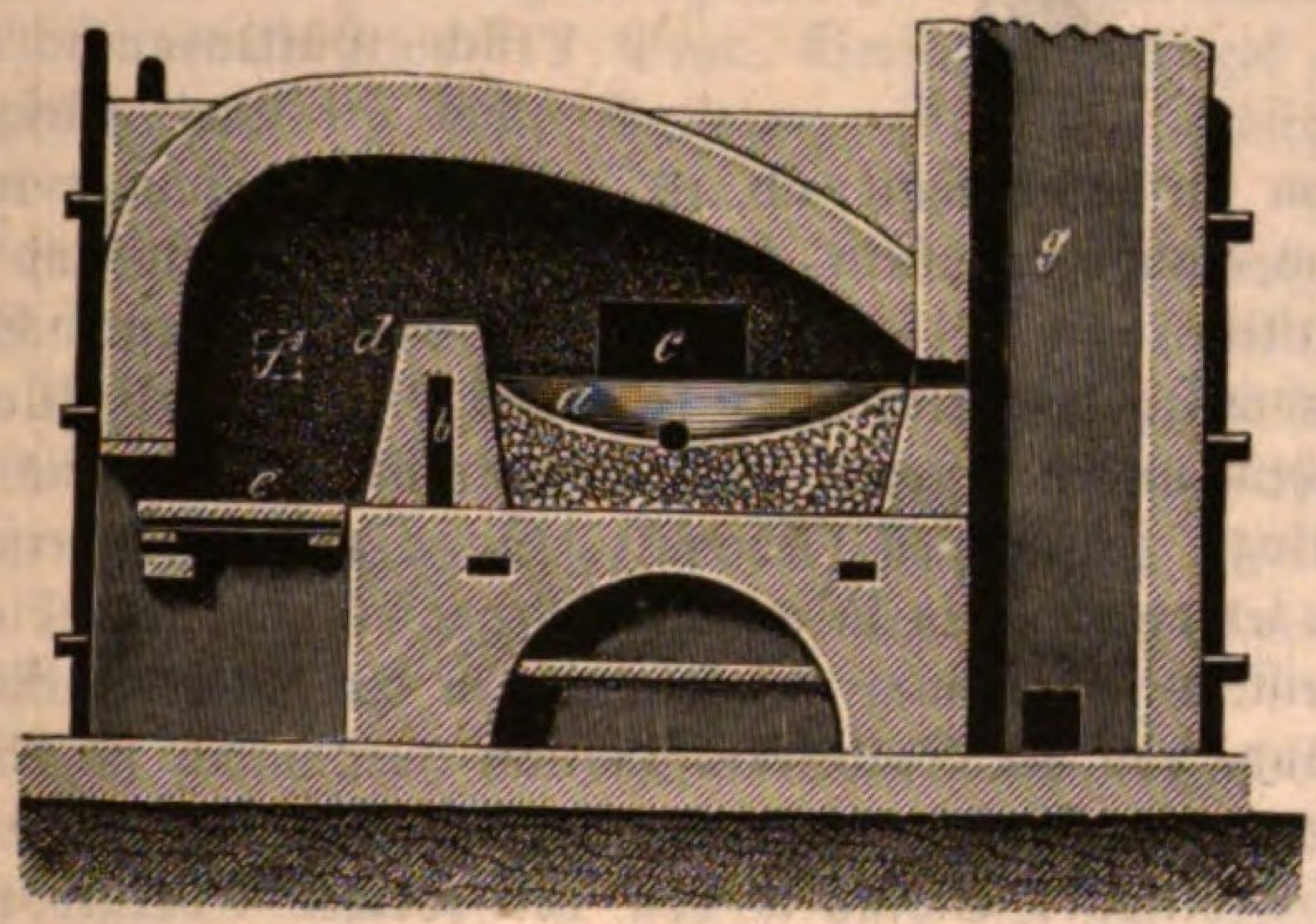
Durch den Salpeter wird das Schwefelantimon oxydirt und das oxydirte Antimon durch den Weinstein reducirt. Diese kostspielige Methode giebt nur ein Ausbringen von 43 Proc. und weniger, indem in der Schlacke ein Schwefelsalz von Schwefelantimon-Schwefelkalium bleibt.

b) Zerlegung des Antimonium crudum durch Präcipitationsmittel. Die hierher gehörigen Methoden geben ein besseres Ausbringen, als die vorhergehenden, liefern aber, gleich wie diese, ein unreines, namentlich eisenhaltiges Product, welches noch einer Raffination bedarf.

Nach Berthier schmilzt man 100 Schwefelantimon mit 60 Eisenhammerschlag, 45 bis 50 Soda und 10 Kohlenpulver und bringt 65 bis 70 Proc. Antimon aus; nach Liebig 100 Schwefelantimon mit 42 Eisenfeile, 10 entwässertem schwefelsaurem Natron (statt der theuren Soda) und 2 Kohle. Dabei bilden sich Antimon und Schwefeleisen, welches sich mit dem aus Glaubersalz reducirten Schwefelnatrium zu einem Schwefelsalz

vereinigt. Dieses schmilzt leichter und ist specifisch leichter, als reines Schwefeleisen, gestattet also ein besseres Absetzen des Antimons aus der Schlacke. Man erhält 60 bis 64 Proc. stets eisenhaltiges Antimon. Zu Magurka in Ungarn schmilzt man 18 bis 20 Pfd. Antimonium crudum in Graphittiegeln mit den entsprechenden Zuschlägen an Eisen, Potasche und Pfannenstein, wobei man nach zweimaligem Schmelzen verkäufliche Waare erhält. Das Schmelzen wird gewöhnlich in Tiegeln im Windofen vorgenommen, aber auch, wie z. B. zu Linz, in Flammöfen von der Fig. 129 u. 130 dargestellten Form ausgeführt. Fig. 129 zeigt

Fig. 129.



einen Vertical-Durchschnitt. Die Sohle ist concav und aus Sand und Thon festgeschlagen; in der Mitte derselben befindet sich eine Röhre *a*, welche einen Canal bildet, damit das geschmolzene Metall, sobald es erzeugt ist, abfließen kann, und welcher durch Thonpfropfen verschlossen ist. *b* ist ein Luftcanal in der Feuerbrücke *d* und *c* eine Thür, durch welche das zubereitete Erz eingetragen und die zurückbleibende Schlacke abgeführt wird. *f* bezeichnet das Schürloch, *e* den Rost und *g* den Rauchfang.

Fig. 130.

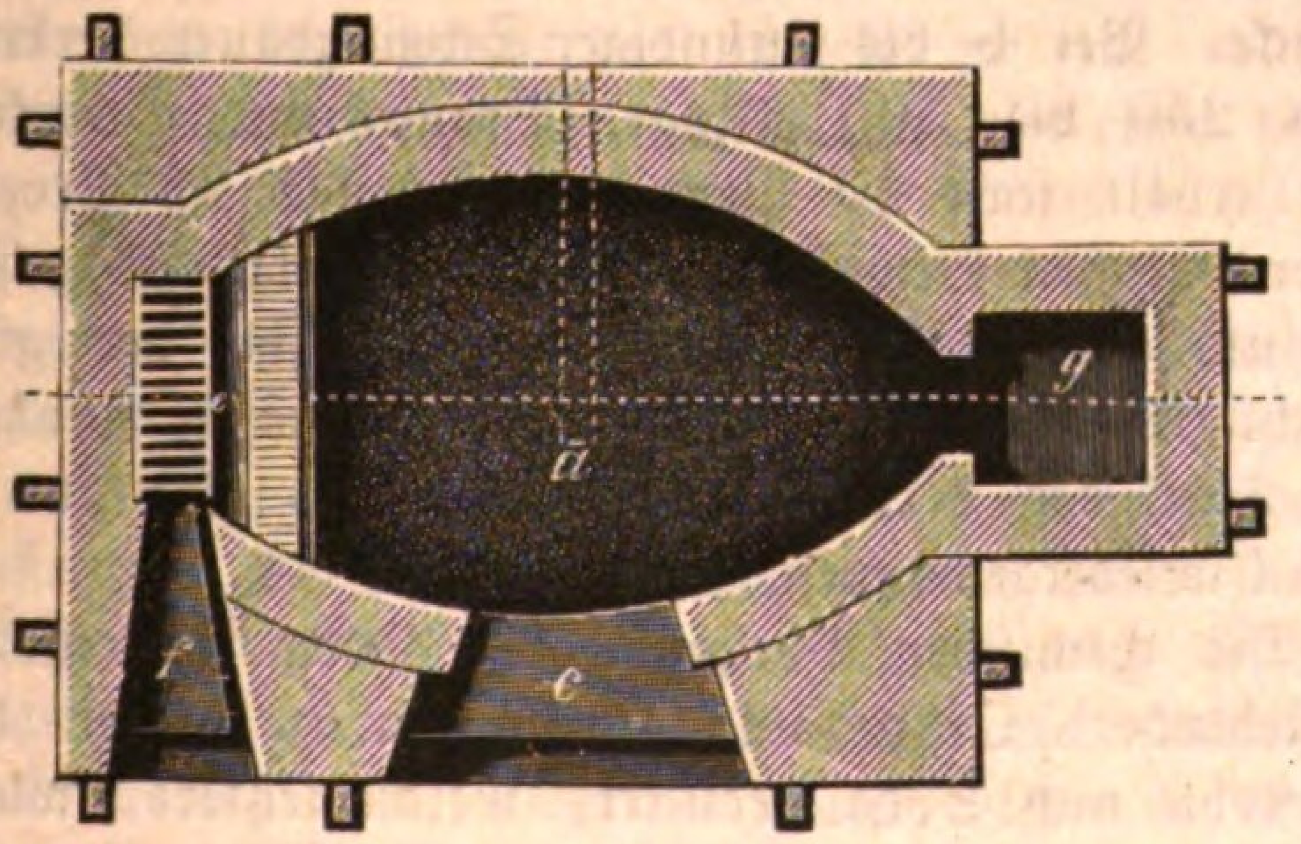


Fig. 130 stellt einen Grundriß dar, in welchem die Buchstaben dieselben Theile bezeichnen, wie in der vorher beschriebenen Abbildung.

Das Schwefelantimon wird für die Reduction durch Mischen mit der gehörigen Menge Eisen oder Hammerschlag und einem kohlensauren Alkali zubereitet. 200 bis 300 Pfd. Erz erfordern zur Reduction 8 bis 10 Stunden Feuerung; aber das Metall wird nach diesem Verfahren sehr unrein erhalten und daher in Portionen von 20 bis 30 Pfd. in Tiegeln, welche mit feingepulverter Kohle inwendig bemantelt sind, abermals geschmolzen, indem man die Tiegel in einem Reverberirofen erhitzt.

Das zu Schleiz im Grauwackenschiefer gangförmig vorkommende Grauspießglanzerz wird theils verkauft, theils, und zwar die ärmeren Erze, gesaigert, in einem Flammofen auf Regulus verschmolzen und dann im Tiegelofen Metall dargestellt. Bei der Schmelzprobe mit Cyankalium erhält man 75 bis 78 Proc. Antimon, das Ausbringen im Großen beträgt bis 79,7 Proc. Das Erz ist sehr rein, frei von Blei und enthält nach Reichardt nur etwas Eisen und im strahligen Zustande 0,152, im körnigen 0,040 Proc. Schwefelarsen, während fast alle Vorkommnisse von anderen Fundorten reicher an letzterem sind. Es enthält z. B. Grauspießglanzerz aus Spanien 0,063, von Rosenau 0,150, von Harzgerode 0,235, aus Ostindien 0,490 und von Brandholz im Fichtelgebirge 0,185 Proc. Schwefelarsen.

Auch zu Alais wird Antimonium crudum mit Kochsalz und Eisen im Flammofen verschmolzen.

2. Darstellung des metallischen Antimons aus rohen Erzen. Dieses Verfahren, für größere Productionen geeignet und von geringeren Metallverlusten begleitet, ist z. B. auf Enthovens Bleiwerk in London (Rotherhithe, Upper Ordonance Wharf), für Erze von Borneo, ferner auf den Hütten von Septemes und Bouc in der Nähe von Marseille in Anwendung, welche Antimonblüthe und Schwefelantimon verarbeiten. Erstere kommt vorzugsweise aus der Provinz Constantine, enthält nach der Analyse 70, nach der trocknen Probe 60 Proc. Antimon und als Gangart meist Thon. Je nach dem Gehalte kostet die Tonne 300 bis 400 Francs. Das Grauspießglanzerz wird, außer aus Algier, im Gemenge mit Oxysulphureten (Rothspießglanz) die Tonne zu 250 bis 300 Francs, aus Corsica und Toscana bezogen bei einem Gehalt von 45 bis 55 Proc. nach der trocknen Probe.

a) Verfahren zu Septemes und Bouc. Die geschwefelten Erze werden geröstet und dann mit geeigneten Zuschlägen in Flamm- oder Schachtöfen verschmolzen, und zwar eignen sich für letztere nur arme und unreine Erze, welche sich im Flammofen nicht mit Vortheil verarbeiten lassen.

α) Flammofenbetrieb. Das feingemahlene und gesiebte Erz wird in Posten von 250 bis 300 Kilogr. in den Röstofen (Fig. 131 u. 132) eingetragen. Derselbe hat einen horizontalen Heerd *a* von eiförmiger Gestalt, 2,55 Meter Länge und 1,4 Meter größter Breite, zu beiden Seiten mit einer 1,6 M. langen und 0,35 M. breiten Feuerung *b* versehen. Das Gewölbe *c* liegt hinten 0,5, vorn 0,45 M. über der Heerdsohle und hat im vorderen Theile, in 0,5 M. Entfernung von der 0,55 M. breiten und 0,45 M. hohen Arbeitsöffnung *d*, eine 0,2 M. weite Fuchsöffnung *e*, durch welche die flüchtigen Röst- und Verbrennungsproducte in die Esse *f* ziehen. Ein 2 M. langer und 0,8 M. breiter Schornstein *g* befindet sich über der Arbeitsöffnung und davor hängt eine Kette, in welche das Gezäh beim Arbeiten im Heerde eingelegt wird.

Nach dem Eintragen der Röstpost schließt man den Ofen, feuert mäßig, wendet das Röstgut nach 2 Stunden und krählt es fortwährend bis zum Ende der Arbeit um. Nach etwa 6 Stunden, wenn die Entwicklung der

Fig. 131.

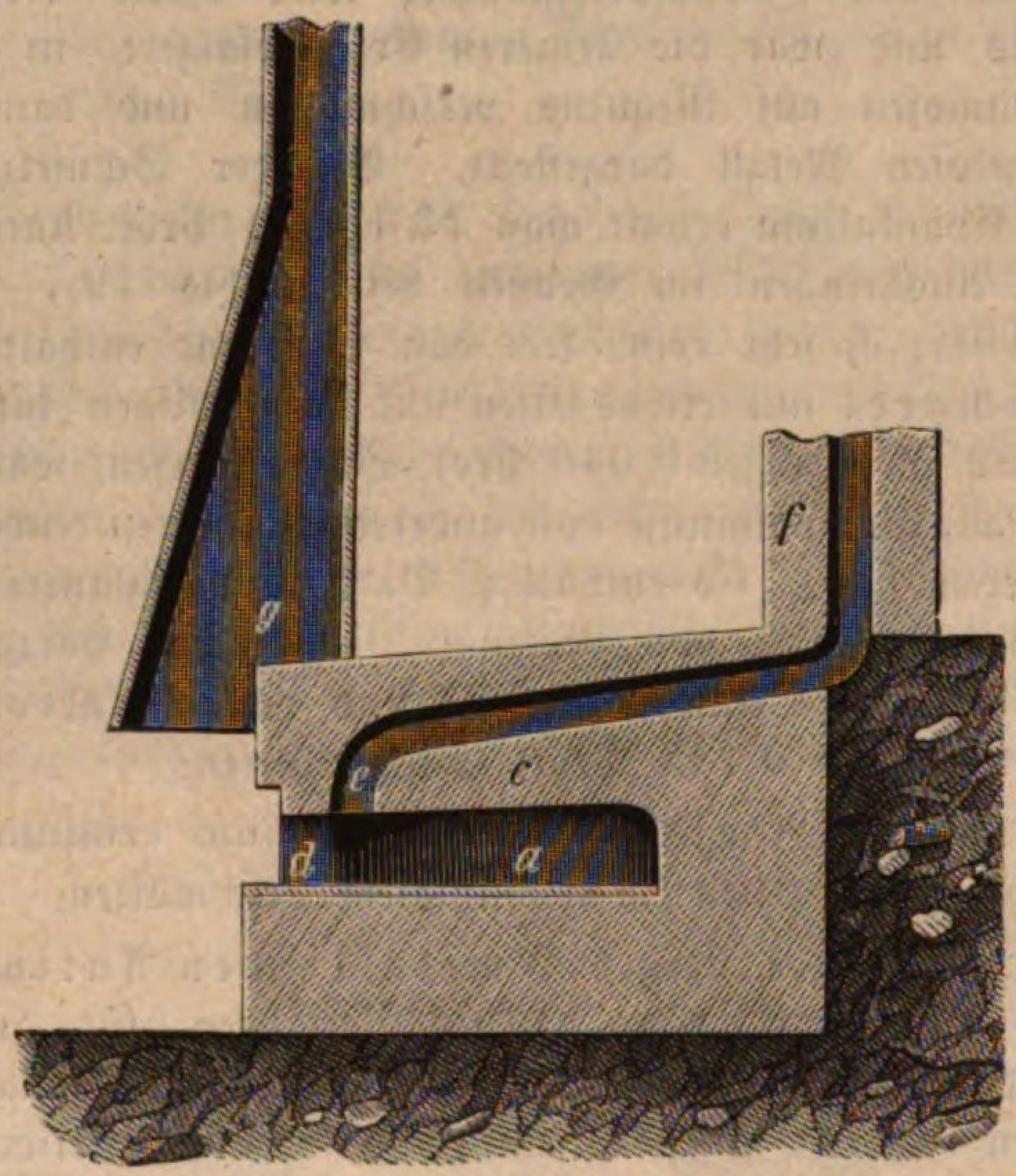


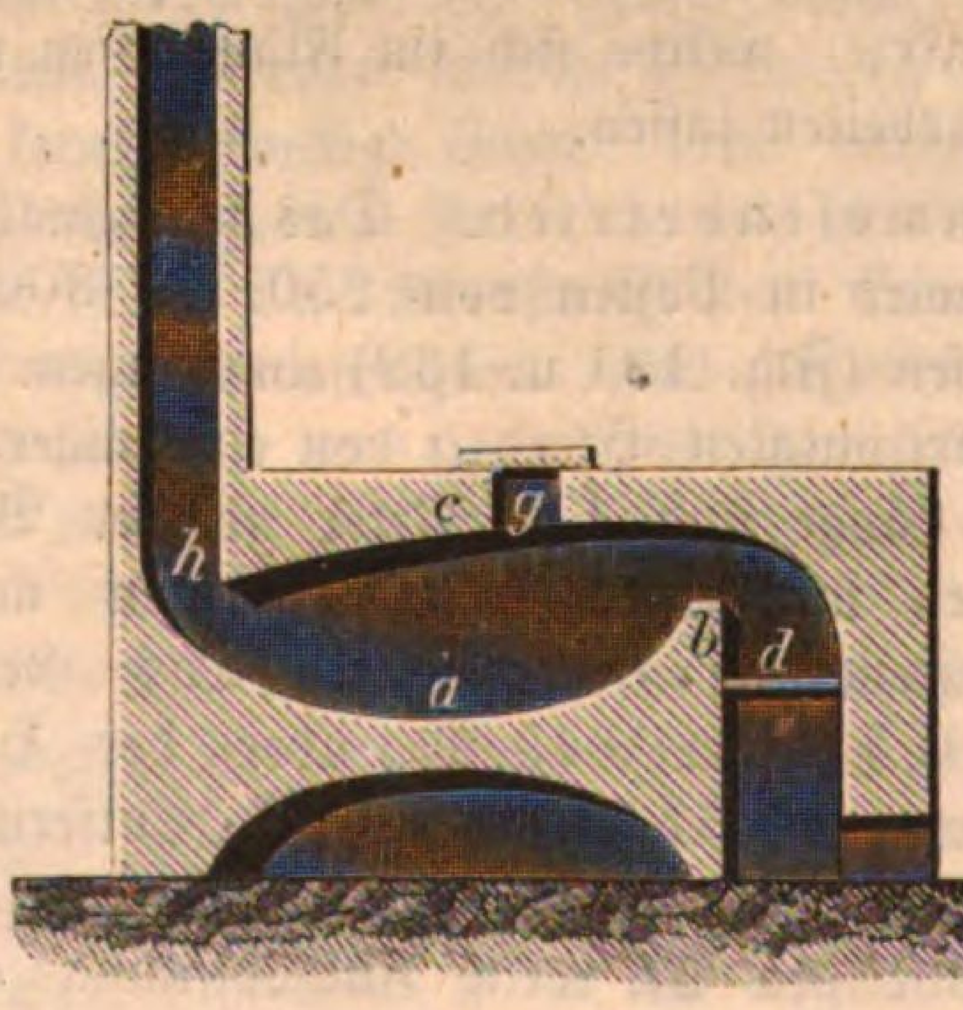
Fig. 132.



schwefligen Säure und der Antimondämpfe aufgehört hat, wird das Röstgut, welches Antimonoxyd, antimonsaures Antimonoxyd und Antimonglas (S. 595), niemals schwefelsaures Antimonoxyd enthält, ausgezogen. Man erhält 12 bis 15 Proc. Gewichtsverlust, darunter $1\frac{1}{2}$ bis 2 Procent Antimon.

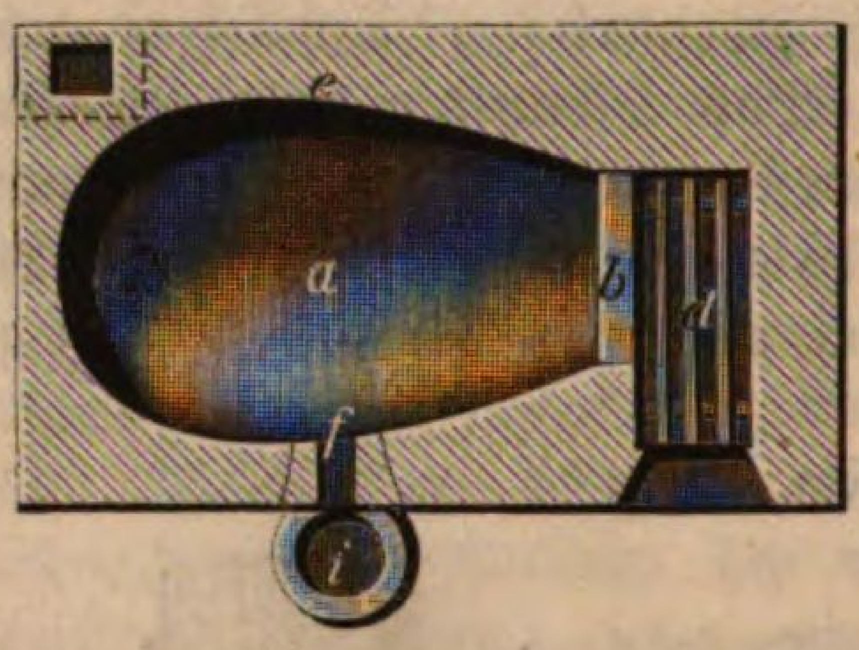
Das Röstgut wird mit dem rohen oxydischen Erze gemengt und mit Zuschlägen im Flammofen (Fig. 133 u. 134) verschmolzen. Der Heerd *a* hat bei eirunder Form 2,4 M. Länge, 1,6 M. größte Breite und 1 M. Breite

Fig. 133.



an der Feuerbrücke *b*, welche bei 0,2 M. Breite 0,3 M. unter dem Gewölbe *c*, 0,4 M. über dem Roste *d* und 1,4 M. über der Hüttensohle liegt. Der stark concave Heerd hat von der Rückwand *e* des Ofens gegen den Stich *f* zu Neigung, sein tiefster Punkt liegt 0,6 M. unter der Feuerbrücke und steht in der Mitte 1 M. vom Gewölbe ab. Letzteres enthält eine verschließbare Chargiröffnung *g* von 0,4 M. Weite. Die Fuchsöffnung *h* ist 0,2 M. weit. Vor dem Stich unter der Arbeitsöffnung befindet sich der 0,8 M. weite Stechheerd *i*. Die Schmelzöfen, deren zwei vorhanden sind, haben jeder einen besonderen Schornstein, welcher durch einen 300 bis 380 Fuß langen Condensationscanal mit dem Hauptschornstein der Hütte communicirt. In dem Condensator setzt sich Hüttenrauch mit bis 50 Proc. steigendem Antimongehalt ab, es entsteigt aber immer noch dem Hauptschornstein ein dicker weißer Qualm und es entstehen an 14 bis 15 Proc. Metallverlust. Eine Schmelzpost besteht aus: 180 bis 200 bis 250 Kilogr. rohem und geröstetem Erz, Hüttenrauch ꝛc., 40 bis 50 Kilogr. Zuschlägen (Kochsalz, Soda und Glaubersalz, die letzteren beiden in geringer Menge; Glaubersalz bleibt meistens ganz weg; auch kommen die billigeren Rückstände von der Salpeterraffination zweckmäßig zur Verwendung), 30 bis 35 Kilogr. Holzkohlenklein und 100 bis 150 Kilogr. Schlacken von der vorigen Charge, zum größten Theil Kochsalz.

Fig. 134.



Beim Chargiren werden zuerst die Zuschläge durch die Oeffnung im Gewölbe oder durch das Arbeitsthor in den Ofen gebracht, innerhalb einer Stunde eingeschmolzen und dann die übrigen Bestandtheile der Beschickung in der Art hinzugefügt, daß man etwa alle Viertelstunden eine Schaufel voll (circa 20 Kilogr.) in den Ofen wirft. Dabei wird fortwährend im Heerde gerührt, der Schaum abgezogen, zuletzt das Feuer verstärkt und dann das Metall nebst Schlacken in den Stechheerd abgelassen. Nach dem Erstarren hebt man beide zusammen aus dem Stechheerd, entfernt die Schlacken und zerschlägt das Antimon behuf der Raffination in Stücke. Bei 4- bis 6stündiger Schmelzdauer verbraucht man 250 bis 300 Kilogr. Braun- und Steinkohlen und erhält statt 50 Proc. nur 42 bis 43 Proc. des ursprünglichen Gewichts der Erze an Metall, so daß der Verlust etwa 15 Proc. beträgt, was bei der großen Flüchtigkeit des Antimons verhältnißmäßig wenig ist. Ein Theil des verflüchtigten Antimons wird aus dem Rauch wiedergewonnen.

Die chemischen Vorgänge bei diesem Processe sind vorstehende: Oxyde und Oxysulphuret werden durch die Kohle und Soda reducirt, welche letztere, wie die übrigen alkalischen Flußmittel, zur Verschlackung der Gangarten beiträgt und als Decke das reducirte Antimon vor Oxydation und Verflüchtigung schützt. Die fremden Metalloxyde werden durch das Kochsalz und das in Schwefelnatrium übergeführte Glaubersalz in Chloride und Schwefelungen verwandelt und als solche größtentheils in die Schlacke übergeführt. Das Kochsalz greift, wohl wegen Bildung von flüchtigem Chloraluminium, die Ofenwände und die aus feuerfesten Steinen bestehende Ofensohle so stark an, daß nur dreiwöchige Campagnen

möglich sind. Man hat dasselbe mit Vortheil durch die billigeren Rückstände der Salpeterraffinerien ersetzt, welche aus Chlorkalium, Chlornatrium, Chlormagnesium und verschiedenen salpetersauren Salzen bestehen. Eisenhaltige Zuschläge werden vermieden, weil dabei ein eisenreiches Antimon entsteht. Das Antimonoxyd ist ein energisches Flußmittel und zerfrißt bald den feuerbeständigsten Thon.

β) Schachtofenbetrieb. Erze mit einem mittleren Gehalt von 30 bis 40 Proc. werden separirt und feingepocht in einem Flammofen abgeröstet, dessen Heerd 4 M. Breite und 4,5 M. Länge hat, an der Feuerbrücke 1 M. und am Fuchs 0,4 M. hoch ist. Man röstet in 6 Stunden 1000 Kilogr. Erz mit 200 Kilogr. Kohlen ab und erhält etwa 12 Proc. Verlust des Erzes an Gewicht, dabei 2 Proc. Antimon. Von dem Röstgut werden in 24 Stunden 2000 bis 2500 Kilogr. mit 1000 bis 1250 Kilogr. Kohks in einem 3=förmigen Schachtofen verschmolzen, welcher von den Formen bis zur Gicht 3,3 M. hoch, 0,8 bis 0,9 M. tief, 0,6 M. breit und nach Art eines Spurofens mit verdecktem Auge zugemacht ist. Man erhält ein unreines Metall mit 92 bis 95 Proc. Antimon, welches noch einer Raffination bedarf.

Wie bereits angeführt, gestattet die Schachtofenarbeit gegen die Flammofenarbeit ein besseres Ausbringen bei verringerten Hüttenkosten, beides aber nur bei armen, in Flammöfen nicht mehr verwendbaren Erzen.

b) Tiegelschmelzen in London. In London (Rotherhithe) werden Antimonerze von Borneo (Grauspießglanz, weniger Antimonoxyd) in Stücken von halber Eigröße in Quantitäten von 40 Pfd. in einen schwach rothglühenden Tiegel (aus einem Gemenge von feuerfestem Thon, Graphit und alten Tiegelscherben hergestellt) und darauf Schlacke vom Reinschmelzen des Regulus gethan, welche wegen ihres Alkaligehalts die Verschlackung der Erden im Erze begünstigt. Zu oberst kommen, bei einem Gehalte des Erzes von 50 bis 55 Proc. Antimon, etwa 20 Pfd. altes Brucheisen. Nachdem allmälig während $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden Alles in Fluß gekommen, entleert man den Inhalt des Tiegels in eine conische Eisenform und besetzt denselben wieder mit einer neuen Charge. Ein Mann schmilzt in 12 Stunden 10 bis 11 Ctnr. Erz.

Der durch Hammerschläge vom Schwefeleisen entfernte rohe Antimonkönig wird zerschlagen, die eisenhaltigeren Stücke von den eisenärmeren separirt und dieselben dann in passendem Verhältniß in Quantitäten von 70 bis 80 Pfd. mit Kochsalz während 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunde fein geschmolzen, wobei sich eine schwefeleisenhaltige Schlacke bildet. Man gießt die Masse wieder in kugelförmige eiserne Formen, trennt Schlacke und Regulus, zerschlägt letzteren in Stücke, um zum Raffiniren ein passendes Gemenge zu erhalten, und schmilzt zu diesem Zwecke 60 bis 70 Pfd. in einem rothglühenden Tiegel mit 1 bis 2 Pfd. Potasche und 10 Pfd. eigener Schlacke um. Nachdem der Tiegelinhalt umgerührt, gießt man, wenn die Schlacke glänzend und von tief schwarzer Farbe ist, das Metall in Formen, wobei dasselbe, damit sich auf der Oberfläche des Kuchens die sternförmigen Krystallisationen bilden, von Schlacke bedeckt sein muß und nicht erschüttert werden darf. Ein Arbeiter kann in 12 Stunden 15 bis 17 Ctnr. Metall raffiniren.

C. Raffination des Regulus antimonii. Bei nicht reinen Erzen kann das nach einer der vorstehenden Methoden erhaltene Antimon mehr oder weniger beträchtliche Mengen Eisen und Schwefel, häufig auch Arsen, Blei und Kupfer enthalten, welche bei der weiteren Verwendung des Antimons für technische Zwecke schädlich influiren.

1) Zur Entfernung des Arsens, wovon die kleinste Menge bei Verwendung des Antimons in der Heilkunde schädlich sein kann, empfiehlt Wöhler, 4 Th. gepulvertes Antimon mit 5 Th. Kalisalpeter und 2 Th. Soda zusammenzuschmelzen und noch heiß im breiigen Zustande in Wasser mehrmals auszukochen, wobei arsensaures und schwefelsaures Alkali ausgezogen wird, dagegen antimonsaures Natron im Rückstande bleibt. Letzteres wird ausgewässert, getrocknet und mit der Hälfte Weinstein reducirt. Nach dieser Methode läßt sich ein Gehalt an Eisen, Kupfer und Blei nicht ausziehen.

Meyer hat dieses Verfahren dahin modificirt, daß er 1 gepulvertes Antimon mit $1\frac{1}{4}$ rohem Chilisalpeter und $\frac{1}{2}$ Soda zum schwachen Glühen erhitzt, und dann wie vorhin verfährt.

2) Liebig's Methode gestattet die Darstellung eines von Eisen, Kupfer, Arsen und Schwefel freien Metalls, dagegen läßt sich Blei nach derselben nicht abscheiden. 16 Th. des unreinen Metalls werden mit 1 Th. Schwefelantimon und 2 Th. Soda eine Stunde lang geschmolzen, wobei das Schwefelantimon Eisen, Arsen und Kupfer in Schwefelmetalle verwandelt, welche sich mit gebildetem Schwefelnatrium zu einer gewöhnlich dunkelbraunen Schlacke vereinigen, die auch arsenigsaures Natron, durch Einwirkung von Natron auf Schwefelarsen gebildet, enthält. Wenn größere Mengen Eisen vorhanden sind, so muß verhältnißmäßig mehr Schwefelantimon zugesetzt werden, z. B. wohl auf je 8 Th. des Metalls 2 Th. Schwefelantimon und 2 Th. Soda. Auf die vollständigere Entfernung des Arsens scheint ein Schwefelgehalt günstig zu wirken, indem wahrscheinlich die Bildung einer Arsenkies ähnlichen Verbindung die Ursache der Trennung des Arsens vom Antimon ist. Man schlägt deshalb bei Abwesenheit von Eisen wohl 1 Th. Schwefeleisen auf 16 Th. Antimon zu. — Blei kann, wie bemerkt, nach dieser Methode nicht abgeschieden werden, weil gebildetes PbO und PbS von dem Antimon wieder in metallischen Zustand versetzt werden.

Durch eine einmalige Schmelzung läßt sich der Arsengehalt gewöhnlich nicht völlig entfernen, man unterwirft deshalb den von der Schlacke getrennten Regulus einer zweiten einstündigen Schmelzung mit $1\frac{1}{2}$ Th. und das dritte Mal mit 1 Th. kohlensaurem Natron.

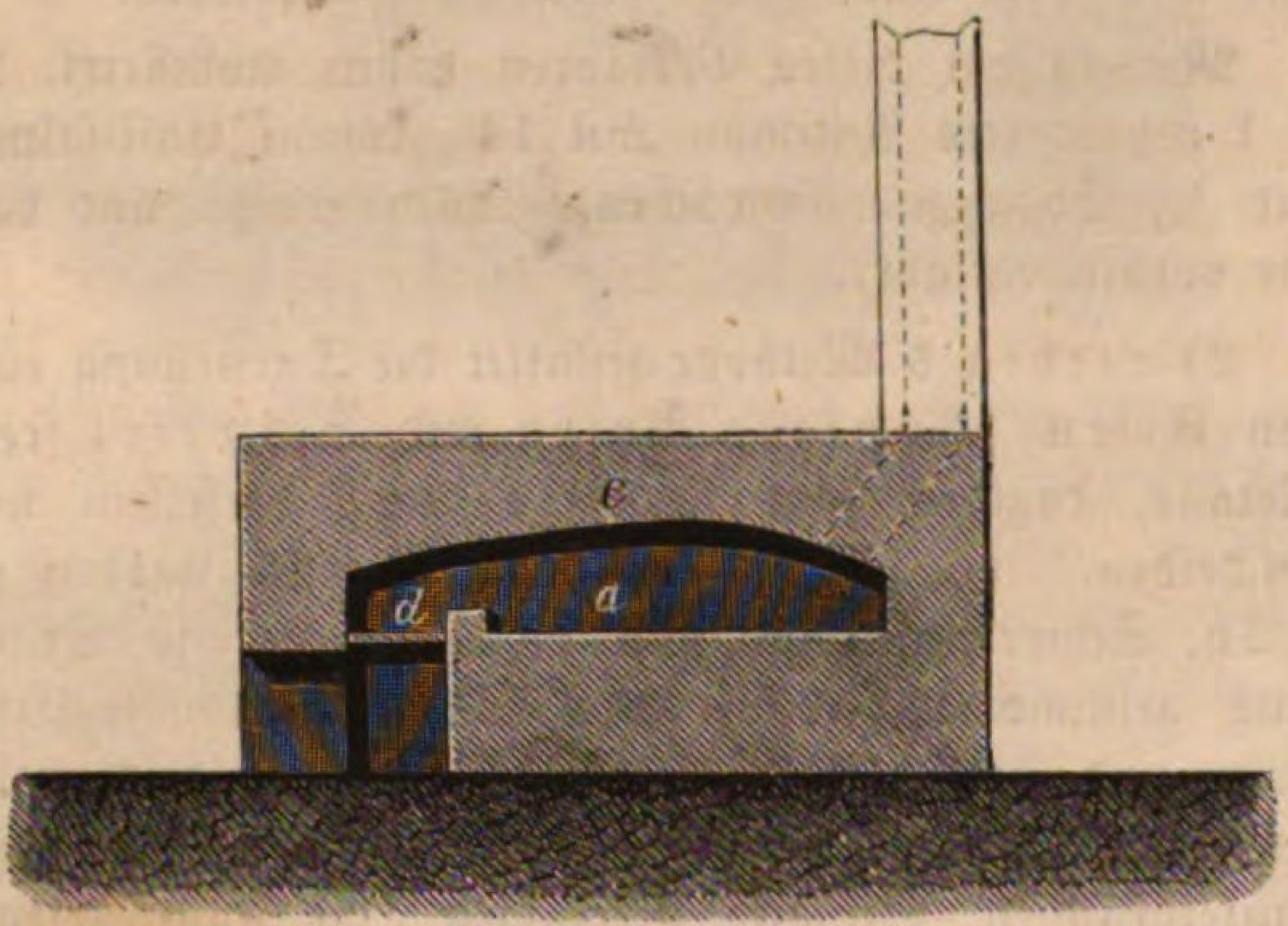
Nach Schiel wendet man beim dritten Schmelzen zweckmäßig die Modification an, daß man 16 Th. Regulus mit etwa $1\frac{1}{2}$ Th. Soda schmilzt und während des etwa $1\frac{1}{2}$stündigen Schmelzens wiederholt ein Stückchen Salpeter zusetzt, während man mit einem irdenen Stabe umrührt. Dabei bilden sich antimon= und arsensaures Natron, welches erstere, mit metallischem Arsen

in Berührung, metallisches Antimon und arsensaures Natron giebt.

3) Berzelius entfernt die Unreinigkeiten durch Schmelzen von 2 Th. Metall mit 1 Th. Antimonoxyd, wobei diese oxydirt und verschlackt werden; Muspratt zieht vor, etwa 4 Th. Antimon mit 1 Th. Braunstein zu schmelzen und den so erhaltenen König mit $^1/_{10}$ seines Gewichts Potasche einer zweiten Schmelzung zu unterwerfen.

Zu Septemes wird das Antimon (S. 598) im Großen durch Umschmelzen in feuerfesten Tiegeln gereinigt, indem jeder Tiegel einen Einsatz von 22 Kilogr. Metall und 6 bis 8 Kilogr. schwefelsaurem und kohlensaurem Natron, vermischt mit etwas Kochsalz und sehr reinem oxydirtem Antimonerz (S. 598), erhält. 20 solcher Tiegel, welche vor dem Beginn der Arbeit aus einem Vorwärmofen genommen werden, stellt man auf die Sohle des Raffinirofens (Fig. 135 u. 136). Der

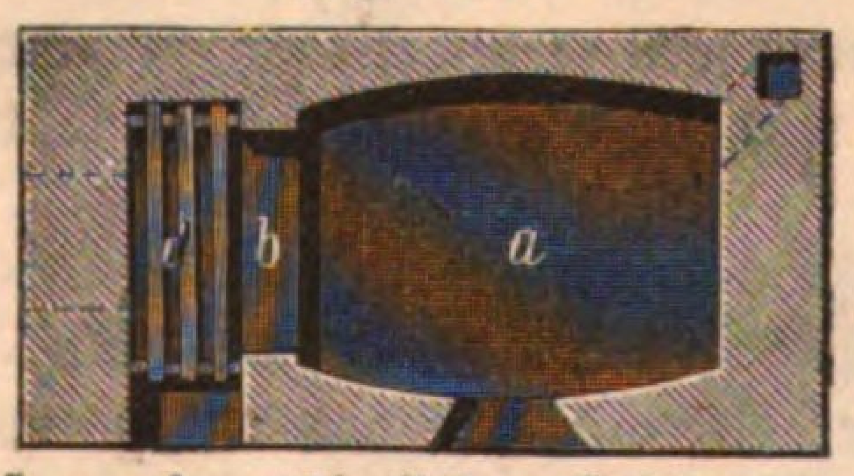
Fig. 135.



tonnenförmige Heerd *a* desselben ist vorn und hinten 1,2 M., in der Mitte 1,5 breit und 2,1 lang; er liegt 0,15 M. unter der 0,25 M. breiten und 1,05 M. langen Feuerbrücke *b*, und mitten 0,5 M., hinten 0,25 M. und an der Feuerbrücke 0,3 M. unter dem Gewölbe *c*. Breite der Arbeitsöffnung 0,5 M. Der Rost *d* ist 1,5 M. lang, 0,5 M. breit und liegt 0,4 M. unter dem Gewölbe.

Man erhält die Tiegel etwa 6 Stunden in schwacher Rothgluth und verbraucht 200 bis 250 Kilogr. Braun- und Steinkohle. Das Antimon wird in Formen zu 10 bis 12 Kilogr. schweren Broden gegossen und nach dem Erkalten von der darüber befindlichen Schlacke befreit, welche die Bildung der farrenkrautähnlichen Zeichnungen auf der Oberfläche des Antimons zu begünstigen scheint.

Fig. 136.



In Oberungarn wird Antimonium crudum in Quantitäten von 3 Ctnr. in einem Muffelofen todtgeröstet, wobei man 82 Proc. Röstgut erhält. 5 Ctnr. davon beschickt man mit 10 Proc. Kohlenklein und 3 bis 6 Proc. Glaubersalz, schmilzt während 20 Stunden langsam im französischen Antimonschmelzofen ein, zieht die Schlacke vom Metallbade ab und bringt auf dieses die sogenannte Sternschlacke, 20 bis 25 Pfd. eines Gemenges von 50 Proc. todtgeröstetem Antimonium crudum, 30 Proc. rohem Antimonium crudum, 20 Proc. Potasche und 2 Proc. Kohlenpulver. Ist die Sternschlacke eingeschmolzen, so schöpft man den Inhalt des Ofens so in Formen, daß auf jeden Regulus im Eingusse höchstens 3 Linien hoch Schlacke kommt. Beim Erkalten desselben springt die Schlacke ab, und betragen die Verunreinigungen nicht über 4 Proc., so zeigt die Metalloberfläche einen schönen Stern. Tritt dieser nicht deutlich hervor, so wird der zerschlagene Regulus nochmals mit etwas Schwefelantimon eingeschmolzen, längere Zeit im Fluß erhalten, entschlackt, mit Sternschlacke versehen und in vorhinniger Weise in Eingüsse geschöpft.

4) Bleihaltiges Antimon läßt sich nur auf nassem Wege durch Behandeln mit Salpetersäure reinigen, wobei lösliches salpetersaures Bleioxyd und unlösliches antimonsaures Antimonoxyd entsteht. Ersteres wird durch Auswaschen extrahirt, letzteres dann reducirt. Enthielt das Antimon Schwefel, so bildet sich auch schwefelsaures Bleioxyd, welches im Rückstande bleibt; auch wirkt die Entstehung von antimonsaurem Bleioxyd der Reinigung des Antimons entgegen.

5) Chemisch reines Antimon erhält man nach Artus durch Reduction von basischem Antimonchlorid (Algarothpulver). Letzteres wird dadurch erzeugt, daß man 1 Th. feingepulvertes Antimonium crudum mit 2 Th. Kochsalz mengt, das Gemenge 6 bis 8 Stunden lang in einer geräumigen Retorte mit 3 Th. concentrirter Schwefelsäure und 3 Th. Wasser digerirt und das Ganze dann 1 Stunde zum Sieden erhitzt, worauf alles Antimon gelöst ist. Hierauf wird die Lösung mit ihrem gleichen Volumen rectificirtem Weingeist verdünnt, oder mit so viel heißem Wasser vermischt, als sie aufnehmen kann, ohne zersetzt zu werden, d. h. bis die Flüssigkeit schwach milchigt wird und das Milchige erst nach einigem Schütteln wieder verschwindet. Dann läßt man das Ganze ruhig stehen, filtrirt und setzt zum Filtrat so lange Wasser, als sich noch ein weißer Niederschlag zeigt. Dieser wird abfiltrirt, einige Male ausgewaschen, durch gelindes Pressen des Filters möglichst schnell entwässert und getrocknet. 100 Th. des so erhaltenen Algarothpulvers, mit 80 Soda und 20 Kohlenpulver $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Stunde geglüht, liefern $61^1/_2$ Proc. reines metallisches Antimon.

Prüfung des Antimons auf Verunreinigungen. Deuten gleich die Farbe des Antimons und die farrenkrautähnlichen Zeichnungen auf seiner Oberfläche auf einen gewissen Grad der Reinheit, so geben dieselben noch nicht immer ein genügendes Mittel zur Beurtheilung der Qualität und man muß sich auf die nachstehende Weise von der An- oder Abwesenheit von Verunreinigungen überzeugen.

a) Arsen. Vieles im Handel vorkommende Antimon enthält $^1/_{60}$ bis $^1/_{20}$ Arsen (das von Montluçon und Arnsberg ist arsenfrei), welches theilweise in die Antimonpräparate übergeht. So enthält z. B. raffinirtes metallisches Antimon $^1/_{200}$ bis $^1/_{50}$, Kermes minerale $^1/_{600}$ bis $^1/_{300}$.

Ist das Arsen in größerer Menge vorhanden, so giebt es sich vor dem Löthrohre am Knoblauchgeruch zu

erkennen; bei geringen Mengen behandelt man das Antimon mit Salzsäure, leitet das entwickelte Gas zuerst in eine Lösung von salpetersaurem Bleioxyd, wo sich ein Schwefelgehalt durch Schwärzung zu erkennen giebt, dann in eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, wo das entwickelte Arsenwasserstoffgas einen bläulich schwarzen Niederschlag von Arsensilber giebt, welcher dann auf Kohle Knoblauchgeruch entwickelt.

Auch kann man 1 Th. Antimon mit 3 Th. Kalisalpeter in einem glühenden Tiegel zum Verpuffen eintragen und aus der Masse mit lauem Wasser arsensaures Kali neben etwas antimonsaurem Kali ausziehen. Salpetersaures Silberoxyd erzeugt dann bei Anwesenheit des ersteren einen braunrothen Niederschlag von arsensaurem Silberoxyd.

b) Schwefel läßt sich auf die angegebene Weise, einfacher aber dadurch nachweisen, daß das beim Behandeln mit Salzsäure entwickelte Gas Bleipapier schwärzt. Auch kann man das Antimon in Königswasser lösen und in der Lösung mittelst Chlorbariums Schwefelsäure ausfällen.

c) Eisen, Blei, Kupfer. Der bei a nach dem Verpuffen mit Salpeter und dem Auslaugen durch kochendes Wasser bleibende Rückstand enthält neben etwas antimonsaurem Kali Eisen, Blei und Kupfer. Man behandelt ihn mit Salpetersäure, filtrirt, theilt das Filtrat in 3 Theile und weist in dem einen Eisen durch Blutlaugensalz, Blei durch Schwefelsäure und Kupfer durch Ammoniak nach. Zur Erkennung der beiden letzteren kann man auch direct das Antimon mit Salpetersäure behandeln und das Filtrat zu obigen Reactionen mit Schwefelsäure und Ammoniak benutzen.

Kerl.

Legirungen. Beim Zusammenschmelzen des Antimons mit fast allen Metallen bilden sich Legirungen, die sich durch große Härte und in vielen Fällen durch schöne weiße Farbe und hohen Glanz auszeichnen. Für die Technik finden die folgenden Legirungen am häufigsten Anwendung.

Letternmetall der Schriftgießer. Es ist in den meisten Fällen Antimonblei, worin circa 16 bis 20 Proc. Antimon enthalten ist. Das sogenannte Hartblei der Hütten wird meistens dazu benutzt. Dieses enthält viel Antimon, mitunter so viel, daß es unmittelbar ohne weiteren Zusatz von Antimon verwandt werden kann.

Das zu Stereotypplatten verwandte Metall enthält außerdem auch Zinn nach folgenden Verhältnissen:

Blei	75	70	84
Antimon	20	25	14
Zinn	5	5	2

Aehnliche Legirungen wie zu den Lettern werden in neuerer Zeit mit Vortheil zu Zapfenlagern ꝛc. verwandt.

Die verbesserte Letterncomposition von Besley enthält 100 Weichblei, 30 Antimon, 20 Zinn, 8 Nickel, 8 Kobalt, 8 Kupfer, 2 Wismuth.

Britanniametall besteht aus Antimonzinn mit 90 Proc. Zinn und 10 Proc. Antimon; es enthält jedoch häufig weniger Antimon, dafür circa 2 Proc. Kupfer und 2 Proc. Wismuth, oder 1 Proc. Kupfer und $\frac{1}{2}$ Proc. Zink.

Queensmetall besteht aus 9 Th. Zinn, 1 Th. Blei, 1 Th. Wismuth und 1 Th. Antimon.

Verbindungen. Das Antimon geht mit allen nicht metallischen Elementen Verbindungen ein. Von diesen sind die wichtigsten:

Mit Sauerstoff:
- Antimonoxyd SbO_3,
- Antimonsäure SbO_5.

Mit Wasserstoff:
- Antimonwasserstoff.

Mit Chlor:
- Dreifach Chlorantimon oder Antimonchlorid $SbCl_3$,
- Fünffach-Chlorantimon oder Antimonsuperchlorid $SbCl_5$.

Mit Schwefel:
- Dreifach-Schwefelantimon oder Antimonsulfür SbS_3,
- Fünffach-Schwefelantimon oder Antimonsulfid SbS_5.

Die Schwefelverbindungen geben mit Schwefelsalzen Doppelsalze, von denen die das Dreifach-Schwefelantimon enthaltenden Sulfantimoniite, die das Fünffach-Schwefelantimon enthaltenden Sulfantimoniate genannt werden.

Die Antimonverbindungen sind von jeher als Arzneimittel geschätzt worden und Aerzte und Pharmaceuten haben namentlich früher mit wahrer Vorliebe eine Masse von Antimonpräparaten geschaffen und mit mannigfachen Synonymen belegt, von denen jedoch die wenigsten eine constante Zusammensetzung haben und je nach ihrer Darstellungsweise häufig Gemenge ganz verschiedenartiger Körper sind, so daß derselbe Arzneistoff von verschiedenen Bereitungen — ganz abgesehen von durch die Vorschriften der einzelnen Pharmakopöen bedingten Abweichungen in der Bereitungsmethode — häufig eine wesentlich andere Wirkung haben kann. Es würde gewiß kein Nachtheil daraus entstehen, wenn die sämmtlichen Antimonpräparate mit Ausnahme des Brechweinsteins — weinsaures Antimonoxyd-Kali — und des Goldschwefels — Fünffach-Schwefelantimon — aus dem Arzneischatze entfernt würden, da man diese beiden durchaus chemisch rein darstellen kann und von ihnen stets sichere Wirkung erwarten darf. Für die Veterinärpraxis wäre vielleicht noch die Spießglanzbutter — Dreifach-Antimon — beizubehalten.

Nachstehendes ist ein Verzeichniß der officinellen Antimonpräparate:

Stibium oxydatum griseum, graues Antimonoxyd, ein metallhaltiges Antimonoxyd.

Cinis Antimonii, Spießglanzasche, antimonsaures Antimonoxyd im Gemenge mit Antimonoxyd und Dreifach-Schwefelantimon.

Vitrum Antimonii, Spießglanzglas, Antimonoxyd mit Dreifach-Schwefelantimon zu einer glasartigen Masse zusammengeschmolzen.

Antimonium diaphoreticum non ablutum, schweißtreibendes Antimonoxyd. Ein Gemenge von antimonsaurem Kali, Antimonoxyd-Kali und sal-

petrigsaurem Kali, unter Umständen auch schwefelsaures Kali und freies Kali enthaltend.

Antimonium diaphoreticum ablutum oder Stibium oxydatum album oder Kali stibicum. Das vorhergehende Präparat, dem durch Waschen mit Wasser die löslichen Salze entzogen sind.

Kali stibio-tartaricum oder Tartarus emeticus, Brechweinstein, weinsaures Antimonoxyd-Kali.

Butyrum Antimonii, Spießglanzbutter, Dreifach-Chlorantimon.

Liquor Stibii muriatici, eine Lösung von Dreifach-Chlorantimon in Salzsäure.

Pulvis Algarothi oder Mercurius Vitae, Algarothpulver, Antimonoxyd mit größerem oder geringerem Gehalt an Dreifach-Chlorantimon.

Stibium sulphuratum nigrum, schwarzes Schwefelantimon, Dreifach-Schwefelantimon.

Kermes minerale, Mineralkermes, Dreifach-Schwefelantimon mit wechselndem Gehalt an Antimonoxyd.

Hepar Antimonii, Spießglanzleber, Kalium-sulfantimoniit, mit Antimonoxyd und schwefelsaurem Kali.

Stibium oxydatum fuscum oder Crocus antimonii, Spießglanzsafran. Das vorige Präparat nach dem Auswaschen mit Wasser.

Sulphur auratum Antimonii oder Stibium sulphuratum aurantiacum, Goldschwefel, Fünffach-Schwefelantimon.

Schlippe'sches Salz. Krystallisirtes Natrium-sulfantimoniat.

Calcaria sulphurato-stibiata, Calcium-sulfantimoniat, mit Schwefelcalcium und schwefelsaurem Kalk.

Endlich:

Zinnabaris Antimonii, Antimonzinnober, Schwefelquecksilber, welches sich beim Erhitzen von Dreifach-Schwefelantimon und Chlorquecksilber bildet und also kein Antimon enthält! Es ist dieses Präparat nicht mit dem gleichnamigen zu verwechseln, welches Dreifach-Schwefelantimon ist und als schöne rothe Farbe angewandt wird.

Antimonoxyd SbO_3. Bildung und Darstellung. Das Antimonoxyd entsteht bei der Verbrennung des metallischen Antimons. Erhitzt man das Metall auf Kohle vor dem Löthrohr, so entzündet es sich, wie oben S. 582 erwähnt ist, und brennt, wenn es durch Abgießen zu kleinen Tröpfchen vertheilt ist, auch ohne weiteres Erhitzen an der Luft fort. Metallisches Antimon in einem schiefliegenden Tiegel zum Glühen erhitzt, entzündet sich, das Oxyd legt sich als krystallinisches Sublimat an den kälteren Theilen des Tiegels an (Flores Antimonii argentei, Nix stibii).

Durch Salpetersäure wird das Antimon in Oxyd verwandelt. 1 Th. Antimon mit 4 Th. Salpetersäure von 1,2 spec. Gew. und 8 Th. Wasser behandelt und nach beendigter Einwirkung mit Wasser ausgewaschen, liefert das Stibium oxydatum griseum, welches stets fein vertheiltes Metall, basisch salpetersaures Antimonoxyd und, wenn eine größere Menge von Salpetersäure angewandt wurde, auch Antimonsäure enthält. Für pharmaceutische Zwecke hat man sich bei der Bereitung dieses Präparats nach der Landespharmakopöe zu richten. Chemisch rein läßt sich das Antimonoxyd nur aus seinen Salzen darstellen, und zwar am leichtesten aus dem Chlorid. Feingepulvertes Schwefelantimon wird mit Salzsäure bis zur Sättigung gekocht, die erkaltete Flüssigkeit klar von dem Ungelösten abgezogen und mit viel Wasser vermischt, wodurch sich ein basisches Chlorantimon, oder ein chlorantimonhaltiges Antimonoxyd abscheidet; es ist das Algarothpulver, auf dessen Darstellung wir unten zurückkommen. Das Algarothpulver wird zunächst mit Wasser gewaschen, dann mit einer Lösung von kohlensaurem Natron übergossen, bis deutlich alkalische Reaction eintritt, und zum Sieden erhitzt. Das im Algarothpulver enthaltene Chlorantimon wird von dem kohlensauren Natron unter Entweichen von Kohlensäure in Antimonoxyd verwandelt, während Chlornatrium in Lösung geht und durch Auswaschen entfernt wird.

Auf ähnliche Weise kann man es aus dem schwefelsauren Antimonoxyd darstellen. Man erhitzt 15 Th. gepulvertes Schwefelantimon mit 36 Th. concentrirter Schwefelsäure, bis eine weiße fast trockne Masse entstanden ist und freie Schwefelsäure verdampft. Das so gebildete schwefelsaure Antimonoxyd wird mit Wasser in basisches Salz verwandelt und dieses nach dem Auswaschen mit kohlensaurem Natron wie das Algarothpulver behandelt.

Eigenschaften. Im krystallisirten Zustande, so wie man es durch langsames Verbrennen des Metalls an der Luft erhält, bildet das Antimonoxyd farblose Nadeln von diamantartigem Glanz; unter besonderen Umständen und namentlich beim langsamen Erkalten kommen jedoch auch Oktaeder vor, oder Verbindungen prismatischer Nadeln mit Oktaedern. Beim Erhitzen wird es gelb, verliert diese Farbe aber wieder beim Erkalten. Bei stärkerer Hitze schmilzt es und bildet nach dem Erkalten eine seidenglänzende, faserige, weiße Masse. Bei Rothgluth verflüchtigt es sich; nimmt man diesen Versuch in einer Glasröhre vor, so condensiren sich die Dämpfe zu nadelförmigen Kryställchen, die sich namentlich bei schwacher Vergrößerung sehr deutlich erkennen lassen.

Hierdurch ist ein Unterscheidungsmerkmal von der arsenigen Säure gegeben, letztere nimmt beim Erkalten stets Oktaederform an. Beim Erhitzen mit reducirenden Körpern wird es leicht in Metall verwandelt. In Wasser ist es äußerst schwer löslich, fast unlöslich. Es löst sich in Säuren und Alkalien, mit ersteren Salze bildend, in denen das Antimonoxyd die Stelle der Basis einnimmt, oder Wasserstoff vertritt; mit den Alkalien verbindet es sich direct.

Antimonoxydsalze. Die Verbindungen des Antimonoxyds mit den anorganischen Säuren entstehen durch directe Verbindung, durch Behandlung des Oxyds mit den entsprechenden Säuren. Sie sind sämmtlich wenig constant und werden namentlich durch Wasser in basische Verbindungen zerlegt. Nach der Ansicht von Berzelius, daß neutrale Salze auf je ein Atom Sauerstoff der Basis drei Atome Säure enthalten sollten, müßte z. B. das neutrale schwefelsaure Antimonoxyd der Formel $SbO_3 . 3 SO_3$ entsprechen. Solche Salze bildet das Antimonoxyd aber nicht, sondern es

kommt in denen, die genauer studirt sind, nur ein Atom Säure auf ein Atom Antimonoxyd. Aus diesem Grunde nimmt man an, in den Salzen sei nicht das Antimonoxyd SbO_3 als solches, sondern das Oxyd eines Radicals $SbO_2 = SbO_2 . O$ enthalten. Das Radical SbO_2 ist dann äquivalent mit einem Atom Wasserstoff. Das neutrale schwefelsaure Antimonoxyd wäre demnach $(SbO_2)O . SO_3$ oder $\left.\begin{matrix} \overset{\prime\prime}{S_2}O_4 \\ 2\,SbO_2 \end{matrix}\right\}O_4$, das weinsaure Antimonoxyd $(SbO_2)O . C_4H_3O_6$ oder $\left.\begin{matrix} C_8\overset{\prime\prime}{H_4}O_8 \\ 2\,SbO_2 \end{matrix}\right\}O_4$ und das weinsaure Antimonoxyd-Kali $\left.\begin{matrix} C_8\overset{\prime\prime}{H_4}O_8 \\ SbO_2 . K \end{matrix}\right\}O_4$.

Von allen Säuren hat die Weinsäure jedenfalls die größte Neigung sich mit dem Antimonoxyd zu verbinden, und die Salze derselben sind sehr constant; so wird z. B eine salzsaure Lösung von Antimonoxyd nach Zusatz von Weinsäure nicht mehr durch Wasser zersetzt. Aus den Lösungen der Salze fällen Ammoniak, die kohlensauren Alkalien, die kohlensauren Erden weißes Antimonoxyd, aus den Lösungen von weinsaurem Antimonoxyd-Kali jedoch erst nach einiger Zeit; ein Uebermaß der Fällungsmittel löst das Oxyd nicht wieder auf. Kali und Natron erzeugen zuerst einen weißen Niederschlag von Antimonoxyd, der beim Erhitzen der Flüssigkeit krystallinisch wird und sich beim Erkalten an den Wandungen des Gefäßes ablagert; ein Ueberschuß von Kali und Natron löst das gefällte Oxyd mit Leichtigkeit.

Ferrocyankalium bringt in Lösungen von Chlorantimon 2c. einen weißen Niederschlag hervor, weinsaures Antimonoxyd wird aber nicht gefällt.

Schwefelwasserstoff fällt aus schwach saurer Lösung orangefarbenes Dreifach-Schwefelantimon, welches sich in concentrirter Säure löst. Schwefelammonium verhält sich wie Schwefelwasserstoff, das gefällte Schwefelantimon ist aber im Ueberschuß löslich und wird auf Zusatz von Salzsäure wieder gefällt.

Unterschwefligsaures Natron bringt auf Zusatz von Salzsäure beim Erwärmen einen anfangs gelben, nach und nach prachtvoll roth werdenden Niederschlag hervor, Antimonzinnober, der nach einigen Analysen Dreifach-Schwefelantimon, nach anderen Analysen eine Verbindung von Dreifach-Schwefelantimon mit Antimonoxyd ist.

Die meisten Metalle, als Zink, Eisen, Zinn, Blei fällen metallisches Antimon.

Goldchlorid verwandelt das Oxyd unter Abscheidung von metallischem Gold in Antimonsäure.

Alle Antimonsalze wirken stark brechenerregend.

Das frisch gefällte Antimonoxyd löst sich in Kali und Natron, ebenso löst es sich, wenn man es mit kohlensauren Alkalien zusammenschmilzt. Diese Verbindungen werden aber, wenn nicht ein sehr großer Ueberschuß von freien Alkalien zugegen ist, schon durch Wasser zersetzt und es fällt ein alkalihaltiges Antimonoxyd nieder; Säuren zersetzen sie augenblicklich unter Abscheidung von Oxyd, welches sich im Ueberschuß der Säure löst.

Die Verbindung des Antimonoxyds mit Antimonsäure s. S. 613.

Antimonglas, Vitrum Antimonii, ist geschmolzenes Antimonoxyd, welches aber nach seiner Bereitungsweise stets mehr oder weniger Schwefelantimon enthält. Man stellt es dar, indem man geröstetes Schwefelantimon, Antimonasche, welches im Wesentlichen antimonsaures Antimonoxyd ist, mit etwa $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{16}$ seines Gewichts Schwefelantimon zum Schmelzen erhitzt. Das antimonsaure Antimonoxyd ist für sich unschmelzbar, bringt man es aber mit Schwefelantimon zusammen, so wird die Antimonsäure zu schmelzbarem Oxyd reducirt, indem der Schwefel zu schwefliger Säure verbrennt und die Antimonsäure in Oxyd verwandelt wird, nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{2\,SbS_3}_{\text{Schwefelantimon.}} + \underbrace{9\,SbO_5}_{\text{Antimonsäure.}} = \underbrace{6\,SO_2}_{\text{Schweflige Säure.}} + \underbrace{11\,SbO_3}_{\text{Antimonoxyd.}}$$

Bei richtigem Verhältniß von Spießglanzasche und Schwefelantimon schmelzen beide leicht zusammen und bilden eine durchsichtige röthliche Glasmasse; ist aber von einem der Bestandtheile ein Ueberschuß vorhanden, so ist das Glas nicht durchsichtig, sondern bei Ueberschuß von Spießglanzasche gelblich undurchsichtig, von fein vertheiltem, unschmelzbarem antimonsaurem Antimonoxyd, bei Ueberschuß von Schwefelantimon schwarz, graphitartig. Sobald daher das Ganze im Tiegel zum ruhigen Fluß gekommen ist, rührt man mit einem Thonstabe, einem Pfeifenstiel, um und nimmt einen Tropfen heraus. Je nach dem Ansehen, welches derselbe beim Erkalten zeigt, fügt man in dem einen Fall noch etwas Schwefelantimon, im anderen noch etwas Spießglanzasche hinzu, bis die gewünschte Farbe entstanden ist, und gießt dann das Ganze zum Erkalten auf eine Steinplatte oder in eine Gießform aus.

Das Spießglanzglas wurde früher fast allgemein zur Darstellung der Antimonpräparate, namentlich des Brechweinsteins angewandt. Es ist dabei jedoch zu berücksichtigen, daß das Spießglanzglas alle Unreinigkeiten, alle fremden Metalle des rohen Schwefelantimons, aus dem es dargestellt wurde, enthält, und daß diese auch mit in die Präparate, zu denen es verwandt wird, übergehen. Bei der Bereitung des Brechweinsteins gehen Arsen, Eisen 2c. zum großen Theil in die Mutterlaugen, so daß man ein arsenfreies Präparat erlangen kann, da aber die Verwerthung solcher Mutterlaugen höchst schwierig ist und immer große Verluste herbeiführt, so ist es jedenfalls weit zweckmäßiger, ganz von der Anwendung dieses unreinen Oxyds abzusehen und statt dessen das reine aus Algarothpulver gewonnene Oxyd anzuwenden.

Antimonsäure SbO_5. Bildung und Darstellung. Reine Antimonsäure kann nicht erhalten werden durch Verbrennen von Antimon in Sauerstoff. Man erhält sie, indem man Antimon mit einem Ueberschuß von Salpetersäure erhitzt, nach dem Verdampfen der Salpetersäure frische Säure hinzufügt und dieses mehrere Male wiederholt, bis man sicher ist, alles Oxyd in Antimonsäure verwandelt zu haben. Die Antimonsäure hält einen Theil der Salpetersäure sehr hartnäckig zurück und man muß daher zuletzt stark erhitzen, um die letzten Spuren von Salpetersäure zu verflüchtigen. Dieses Erhitzen darf jedoch nicht bis zur Rothgluth gesteigert werden, weil die Antimonsäure sonst Sauerstoff abgiebt und sich in antimonsaures Antimonoxyd verwandelt.

Oder man trägt 1 Th. feingepulvertes metallisches Antimon und 4 bis 5 Th. salpetersaures Kali, beides innig gemengt, in kleinen Portionen in einen rothglühenden Tiegel, wobei jedesmal eine gelinde Verpuffung eintritt und das Antimon durch die Salpetersäure zu Antimonsäure oxydirt wird, welche sich dann mit dem Kali verbindet. Die weiße breiige Masse nimmt man mit einem Spatel aus dem Tiegel, trägt sie in eine mit siedendem Wasser gefüllte Schale und fügt Salpetersäure bis zur deutlich sauren Reaction zu. Das antimonsaure Kali wird dadurch zersetzt und Antimonsäurehydrat, welches bei dieser Bereitung früher Materia perlata Kerkringii, Magisterium Antimonii diaphoretici genannt wurde, abgeschieden. Nach dem Auswaschen und Glühen wurde die reine Säure erhalten.

Nach Fremy zersetzt man Fünffach-Chlorantimon mit Wasser, wobei nach folgender Gleichung Antimonsäure gebildet wird:

$$\underbrace{SbCl_5}_{\text{Dreifach-Chlorantimon.}} + \underbrace{5\,HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{SbO_5}_{\text{Antimonsäure.}} + \underbrace{5\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoffsäure.}}$$

Antimonsäure bildet sich nach Reynoso ebenfalls, wenn man eine Lösung von Antimonoxyd in Kali mit übermangansaurem Kali versetzt.

Eigenschaften. Die wasserfreie Antimonsäure ist ein hellgelbes Pulver, welches sich beim Erhitzen dunkler färbt. Im feuchten Zustande röthet sie schwach Lackmuspapier, wodurch eine geringe Löslichkeit in Wasser angezeigt wird. Beim Erhitzen mit wäßrigen Alkalien löst sie sich langsam auf; beim Schmelzen mit kohlensauren Alkalien treibt sie die Kohlensäure aus, sich mit dem Kali verbindend, dagegen zersetzt sie wäßrige Lösungen von kohlensauren Alkalien nicht.

Beim Erhitzen giebt sie so viel Sauerstoff ab, bis sie in antimonsaures Antimonoxyd verwandelt ist. Mit einer geringen Menge von Schwefel erhitzt, wird sie zu Antimonoxyd reducirt, während schweflige Säure entweicht; mehr Schwefel reducirt sie vollständig und bildet Schwefelantimon.

Verbindungen. In den Salzen kommt die Antimonsäure in zwei verschiedenen Modificationen vor, in manchen Salzen als einbasische Säure, in anderen als zweibasische, und diesem entsprechend bildet sie, nach Fremy, zwei verschiedene Hydrate. Das Hydrat der einbasischen Säure erhält man, indem man das durch Verpuffen von Antimon mit Salpeter erhaltene und in Wasser gelöste antimonsaure Kali mit Salpetersäure zersetzt, seine Zusammensetzung entspricht der Formel $SbO_5 . 5\,HO$. Das Hydrat der zweibasischen Säure stellt man dar, indem man einbasisch antimonsaures Kali mit freiem Kali kocht und dann mit Säure zersetzt, oder indem man Fünffach-Chlorantimon mit Wasser zersetzt, wobei ein Hydrat von der Zusammensetzung $SbO_5 . 4\,HO$ niederfällt.

Dieses letztere nennt Fremy Metantimonsäurehydrat. Beide Hydrate unterscheiden sich dadurch von einander, daß das der einbasischen Säure in Ammoniak und Wasser unlöslich ist, während das der zweibasischen Säure bei längerem Digeriren sich in Ammoniak löst und ebenfalls nach längerer Zeit sich in Wasser löst. Die Salze der Metantimonsäure sind aber wenig beständig und verwandeln sich leicht in die der einbasischen Säure.

Mit den Erden und Metalloxyden bildet die Antimonsäure unlösliche Salze, die sich durch gegenseitige Zersetzung des löslichen antimonsauren Kalis und der betreffenden Chloride darstellen lassen. Ein unlösliches oder wenigstens sehr schwer lösliches Salz bildet sie auch mit Natron; aus diesem Grunde wird das antimonsaure Kali als Reagens für Natron angewandt.

Antimonsaures Kali. Dieses Salz kann als der Repräsentant aller übrigen antimonsauren Salze gelten; es hat außerdem Wichtigkeit, als es in einer Reihe von pharmaceutischen Präparaten enthalten ist.

Das neutrale einbasische antimonsaure Kali erhält man, indem man 1 Th. Antimon mit 4 Th. Salpeter, beide in feinem Pulver, in einen rothglühenden Tiegel einträgt und verpuffen läßt. Nach dem Erkalten pulvert man und wäscht mit kaltem oder lauwarmem Wasser aus, um das gebildete salpetrigsaure Kali und etwa unzersetzten Salpeter zu entfernen. Kocht man dann die gewaschene Masse mehrere Stunden unter Ersetzung des verdampften Wassers, so löst sie sich zum größten Theil auf und es bildet sich ein wasserhaltiges antimonsaures Kali, welches nach dem Filtriren durch Verdampfen als eine gummiartige Masse erhalten wird. Trocknet man dieses Salz im luftleeren Raum, so entspricht seine Zusammensetzung der Formel $KO . SbO_5 + 5\,HO$; mehrere Stunden bei 160° C. erhitzt, giebt es 2 Atom Wasser ab und es bleibt das Salz $KO . SbO_5 + 3\,HO$ zurück, welches aber in Wasser unlöslich geworden ist. Durch anhaltendes Kochen mit Wasser nimmt es das verlorene Wasser wieder auf und wird löslich. Dieses Salz giebt mit Natron keine unlösliche Verbindung.

Das zweibasische oder metantimonsaure Kali $(2\,KO) . SbO_5$ erhält man, indem man das neutrale Salz mit einem Ueberschuß von Kalihydrat glüht, oder indem man die Lösung des antimonsauren Kalis unter Zusatz einer großen Menge Kalihydrat verdampft, bis sie beim Erkalten krystallinisch erstarrt.

Wäscht man dieses Salz mit kleinen Mengen kalten Wassers, so scheidet sich ein körnig krystallinisches Salz aus, welches saures metantimonsaures Salz ist und der Formel $KO . HO . SbO_5 + 6\,HO$ entspricht. Dieses Salz giebt mit Natronsalzen krystallinische Niederschläge; bei längerer Aufbewahrung als Lösung und namentlich beim Erhitzen geht es in gewöhnliches gummiartiges antimonsaures Kali über, welches, wie erwähnt, mit Natron keine Verbindung bildet.

Bei der leichten Veränderlichkeit der Verbindung kann man sich keinen Vorrath der Lösung für analytische Untersuchungen darstellen, man hat daher das krystallinische Salz für jede Prüfung zu lösen. Man wendet daher nach Reynoso zweckmäßig eine andere Lösung an, die man sich jeden Augenblick darstellen kann. In eine Lösung von Kalihydrat tröpfelt man unter Umschütteln so lange eine Lösung von Brechweinstein, als der entstehende Niederschlag von Antimonoxyd sich noch rasch und leicht auflöst, und versetzt die Lösung von Antimonoxyd-Kali mit so viel übermangansaurem Kali, bis die Flüssigkeit eine schwach rosenrothe Farbe zeigt; der geringe Ueberschuß von übermangansaurem Kali wird dann durch ein Paar Tropfen der ursprünglichen Antimonoxyd-Kalilösung, die man zu diesem Zweck zurückge-

stellt hat, hinweggenommen. Die klar filtrirte Flüssigkeit kann dann zum Gebrauch dienen.

Zu bemerken ist jedoch, daß das antimonsaure Kali nur dann zur Prüfung auf Natron dienen kann, nachdem alle übrigen Stoffe entfernt sind; die Flüssigkeit darf weder Metalloxyde, noch Erden, kein Lithion, kein Ammoniak enthalten, sie darf weder sauer noch alkalisch sein. In einer solchen Flüssigkeit ist die Reaction auf Natron allerdings ziemlich empfindlich und es entsteht noch bei $^1/_{1000}$ Natron in Kalilösungen ein krystallinischer Niederschlag, der sich namentlich auf Zusatz von Alkohol leicht abscheidet.

Bedenkt man jedoch die Schwierigkeiten, welche die vollständige Entfernung aller fremden Stoffe voraussetzt, so erscheint die Reaction von sehr geringem Werth, namentlich da schon das Löthrohr in diesem Falle sichere Auskunft giebt, vorzüglich aber wenn man dieses weitläufige Verfahren mit der einfachen Prüfung im Spectralapparate vergleicht.

Antimonium diaphoreticum und **Stibium oxydatum album**. Je nach der Darstellungsweise sind unter diesem Namen Präparate officinell, die sehr verschiedene Zusammensetzung haben. Metallisches Antimon oder auch Schwefelantimon werden in verschiedenen Verhältnissen, je nach den Vorschriften der Pharmakopöen, mit Salpeter verpufft. Die erkaltete Masse ist das Antimonium diaphoreticum non ablutum. Sie enthält je nach den angewandten Verhältnissen antimonsaures Kali, Antimonoxyd, Antimonoxyd-Kali, salpetrigsaures Kali, unzersetzten Salpeter, Kali, schwefelsaures Kali, außerdem alle aus den Verunreinigungen des rohen Antimons entstandenen Verbindungen, als: arsensaures Kali, Kupferoxyd, Bleioxyd, Eisenoxyd. Manche Pharmakopöen lassen die Masse mit Wasser auswaschen, es entsteht dann das Antimonium diaphoreticum ablutum, welches dieselben Bestandtheile wie das vorige, mit Ausnahme der löslichen Kalisalze, enthält. Verdampft man das dabei erhaltene Waschwasser bis zur Krystallisation, so bekommt man das Nitrum antimoniatum; zur Trockne verdampft, bleibt das Nitrum antimoniatum inspissatum, welches fast die Gesammtmenge des im Antimon enthaltenen Arsens enthält, zurück. Andere Pharmakopöen lassen die verpuffte Masse in Wasser eintragen und mit Salpetersäure oder Schwefelsäure bis zur sauren Reaction versetzen und auswaschen, wobei dann Antimonsäurehydrat oder Antimonoxyd mit mehr oder weniger von den fremden Bestandtheilen zurückbleibt.

Die gänzliche Entfernung dieses Präparats aus den Officinen würde gewiß der Medicin keinen Nachtheil bringen. So lange es aber beibehalten wird, sollte man wenigstens es nie aus dem rohen Schwefelantimon, sondern stets aus chemisch reinem, erhalten durch Erhitzen von reinem Antimon mit Schwefel, darstellen.

Antimonsaures Antimonoxyd $SbO_3 . SbO_5$, auch **antimonige Säure** SbO_4 genannt, erhält man durch Glühen der Antimonsäure, wobei dieselbe Sauerstoff abgiebt. Man hat diese Verbindung als antimonige Säure — dann doch wohl richtiger als Unterantimonsäure — bezeichnet, weil sie beim Schmelzen mit kohlensauren Alkalien Kohlensäure austreibt und gewisse, doch wenig bekannte. Verbindungen bildet. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß es ein antimonsaures Antimonoxyd ist und daß die sogenannten antimonigsauren Salze Gemenge von antimonsaurem Salz und Antimonoxyd-Metalloxyd sind:

$$\underbrace{SbO_4}_{\text{Antimonige Säure.}} + \underbrace{KO}_{\text{Kali.}} = \underbrace{KO . SbO_4}_{\text{Antimonigsaures Kali.}}$$

Oder:

$$\underbrace{SbO_3 . SbO_5}_{\text{Antimonsaures Antimonoxyd.}} + \underbrace{2\,KO}_{\text{Kali.}} = \underbrace{KO . SbO_5}_{\text{Antimonsaures Kali.}} + \underbrace{KO . SbO_3}_{\text{Antimonoxyd-Kali.}}$$

Das antimonsaure Antimonoxyd ist wesentlicher Bestandtheil der **Antimonasche**, Cinis Antimonii, welche man durch Rösten des Schwefelantimons erhält. Das feingepochte Schwefelantimon wird in einem Flammofen bei vollem Luftzutritt unter beständigem Umrühren gelinde erhitzt, wobei der Schwefel als schweflige Säure entweicht und das Antimon oxydirt wird. Erhitzt man dabei zu stark, so schmilzt das unzersetzte Schwefelantimon, wodurch der Zutritt der Luft zu den inneren Massen aufgehoben und somit die Oxydation unterbrochen wird. Erst gegen Ende der Operation, wenn der größte Theil in antimonsaures Antimonoxyd verwandelt ist, wird die Hitze verstärkt, um auch den Rest des Schwefelantimons zu verbrennen.

Die Spießglanzasche ist ein lockeres, graues Pulver und enthält, außer seinem Hauptbestandtheil, stets mehr oder weniger Antimonoxyd und die in Oxyde verwandelten fremden Metalle des rohen Schwefelantimons.

Die verschiedenen Oxydationsstufen des Antimons, das Antimonoxyd, die Antimonsäure und das antimonsaure Antimonoxyd, können nach **Bunsen** (Ann. Chem. Pharm. 106, 1) am leichtesten und sichersten durch ihr Verhalten gegen Jodwasserstoffsäure und salpetersaures Silberoxydammoniak unterschieden werden. Antimonsäure und antimonsaures Antimonoxyd lösen sich, selbst wenn sie vorher stark erhitzt waren, nach Zusatz von etwas Jodkalium bei gelindem Erwärmen in Salzsäure mit dunkelbrauner Farbe, unter Ausscheidung von Jod, welches im überschüssigen Jodkalium gelöst bleibt; Antimonoxyd dagegen wird von der Säure ohne Ausscheidung von Jod zu einer hellgelben Flüssigkeit aufgenommen. Da nur ein Dreifach-Jodantimon, nicht aber ein der Antimonsäure entsprechendes Fünffach-Jodantimon existirt, so entsteht bei Anwesenheit von Antimonsäure 1 Aeq. Dreifach-Jodantimon, während zwei Aequivalente freies Jod abgeschieden werden und sich durch ihre braune Farbe zu erkennen geben; ist nur Antimonoxyd zugegen, so bildet sich nur Dreifach-Jodantimon. Ist die Menge der gelösten Antimonsäure nicht zu gering, so zeigt die Flüssigkeit beim Kochen violette Dämpfe. Aber selbst wenn die nachzuweisende Menge derselben nicht mehr als einige Hundertstel eines Milligramms beträgt, so reicht es hin, die etwas verdünnte Lösung derselben mit einigen Tropfen Schwefelkohlenstoff zu schütteln, um in diesem die veilchenblaue oder bei geringeren Mengen die amethystrothe Jodfärbung hervorzubringen. Es versteht sich von selbst, daß bei diesen Versuchen nur chlorfreie Salzsäure und kein Jodkalium benutzt werden darf, welches Spuren von jodsaurem Kali enthält. Die ver-

dünnte Salzsäure darf daher, mit etwas Jodkalium versetzt und mit Schwefelkohlenstoff geschüttelt, diesen durchaus nicht färben.

Antimonsäure und antimonsaures Antimonoxyd können daher leicht durch diese Reaction von reinem Antimonoxyd unterschieden werden. Zur Unterscheidung der beiden ersteren unter sich kann das salpetersaure Silberoxydammoniak benutzt werden. Das Silberoxyd wird in diesem Salze durch freies oder mit Antimonsäure verbundenes Antimonoxyd zu schwarzem Silberoxydul reducirt. Reibt man daher die zu prüfende Oxydationsstufe mit Wasser zu einem milchigen Tropfen an, den man auf einer Porzellantasse eintrocknet, so erhält man einen schwarzen Fleck, sobald man die von dem matten Anflug von Antimonoxyd bedeckte Stelle mit dem Silbersalz übergießt und gelinde erwärmt. (Bunsen.)

Antimonwasserstoff SbH_3. Der Antimonwasserstoff ist ein farbloses Gas und bildet sich, indem man Antimon mit Zink zusammenschmilzt und die Legirung mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, oder auch indem man ein Antimonoxydsalz in eine Flüssigkeit bringt, in welcher Schwefelsäure durch Zink zersetzt und also Wasserstoff entwickelt wird. Dieses Gas ist insofern von Wichtigkeit, als es sich unter denselben Umständen wie Arsenwasserstoff bildet und zur Erkennung des Antimons dienen kann; dabei finden jedoch ganz ähnliche Erscheinungen Statt, wie bei der Bildung und dem Auftreten des Arsenwasserstoffs, so daß beide leicht verwechselt werden können. Die Unterscheidungsmerkmale beider werden bei der Nachweisung des Arsens näher erörtert werden.

Das Antimonwasserstoffgas verbrennt mit bläulicher Flamme unter Ausstoßung eines weißen Rauchs von Antimonoxyd. Läßt man die Flamme einen kalten Körper berühren, so scheiden sich darauf spiegelnde Flecken von metallischem Antimon ab. Leitet man es durch eine glühende Röhre, so wird es in freies Wasserstoffgas und metallisches Antimon zerlegt, von denen das letztere sich als schwarzer metallglänzender Ring in dem kälteren Theil des Rohres anlegt. Durch eine Lösung von salpetersaurem Silber geleitet, wird es sofort zersetzt, indem sich schwarzes Antimonsilber abscheidet.

Es existirt außerdem noch ein fester Antimonwasserstoff, der aber noch wenig bekannt ist.

Dreifach-Chlorantimon $SbCl_3$. Bildung und Darstellung. Dreifach-Chlorantimon entsteht, indem man $3\frac{1}{2}$ Th. Chlorsilber mit 1 Th. metallischem Antimon erhitzt; es wird dabei metallisches Silber abgeschieden, das Dreifach-Chlorantimon verflüchtigt sich und kann durch Abkühlung der Dämpfe condensirt werden:

$$\underbrace{3\,AgCl}_{\text{Chlorsilber}} + \underbrace{Sb}_{\text{Antimon}} = \underbrace{3\,Ag}_{\text{Silber}} + \underbrace{SbCl_3}_{\text{Dreifach-Chlorantimon}}.$$

Schon Basilius Valentinus stellte es dar durch Erhitzen von 8 Th. Quecksilberchlorid mit 3 Th. Antimon, wobei es sich unter Abscheidung von metallischem Quecksilber bildet.

Erhitzt man 2 Th. Schwefelantimon mit $4\frac{1}{2}$ Th. Quecksilberchlorid, so entsteht Dreifach-Chlorantimon und Schwefelquecksilber:

$$\underbrace{3\,HgCl}_{\text{Quecksilberchlorid}} + \underbrace{SbS_3}_{\text{Schwefelantimon}} = \underbrace{3\,HgS}_{\text{Schwefelquecksilber}} + \underbrace{SbCl_3}_{\text{Dreifach-Chlorantimon}}.$$

Wird die Operation in einer Retorte vorgenommen, so destillirt das Dreifach-Chlorantimon über und zuletzt sublimirt das Schwefelquecksilber (Cinnabaris Antimonii) in den Hals der Retorte.

Am leichtesten erhält man es, indem man 1 Th. feingepulvertes rohes Schwefelantimon mit 4 Th. vorher concentrirter Salzsäure bei gelinder Wärme digerirt, bis kein Schwefelwasserstoff mehr entweicht, dann bei Siedhitze verdampft, bis ein Tropfen beim Erkalten erstarrt, und die concentrirte Flüssigkeit in einer Retorte mit weitem Halse destillirt. Durch die Behandlung mit Salzsäure wird das Schwefelantimon zersetzt, unter Entweichen von Schwefelwasserstoffgas bildet sich eine Lösung von Dreifach-Chlorantimon, welches alle Verunreinigungen des käuflichen Schwefelantimons als Chloride enthält; beim Eindampfen entweicht das flüchtige Dreifach-Chlorarsen, destillirt man dann, so geht das reine Dreifach-Chlorantimon über, während das schwerflüchtige Eisenchlorid und nicht flüchtiges Chlorblei zurückbleiben. Da das Dreifach-Chlorantimon schon bei 72° C. erstarrt, so muß man den Hals der Retorte warm halten, um eine Verstopfung zu vermeiden; hat sich eine größere Menge davon im Halse angesammelt, so schmilzt man sie durch Annäherung einer glühenden Kohle oder einer Spirituslampe, die ölige Flüssigkeit fließt dann in die Vorlage hinab. Nach der Eigenschaft, beim Erkalten zu einer weichen Masse zu erstarren, hat man das Präparat früher Antimonbutter, Butyrum Antimonii, genannt.

Eigenschaften. In der Kälte starre krystallinische Masse, farblos, bei 72° C. zu einer farblosen oder schwach gelblichen öligen Flüssigkeit schmelzend, siedet bei 230°; specifisches Gewicht seines Dampfes 8,106, besteht demnach aus 1 Vol. Antimondampf und 3 Vol. Chlorgas, verdichtet zu 2 Vol. Chlorantimon. In Alkohol löslich. Höchst ätzend. Bei feuchter Luft stößt es weißliche Nebel aus und zerfließt zu einer dicken Flüssigkeit; nimmt diese noch mehr Wasser auf, so scheidet sie einen weißen Niederschlag eines basischen Salzes aus. Auf Zusatz von Wasser zerfällt das Dreifach-Chlorantimon in ein basisches Salz, freie Salzsäure, und letztere hält unzersetztes Dreifach-Chlorantimon gelöst. Die Gegenwart von Weinsäure oder viel freier Salzsäure verhindert die Fällung, weil das sich abscheidende Salz von beiden Säuren gelöst wird. Concentrirte Schwefelsäure läßt sich in der Kälte mit dem Dreifach-Chlorantimon mischen, beim Erhitzen tritt Zersetzung ein, Salzsäure verdampft und es bildet sich schwefelsaures Antimonoxyd. Beim Erhitzen mit Salpetersäure entwickelt sich Chlorgas und es scheidet sich Antimonsäure aus. Das Dreifach-Chlorantimon absorbirt Ammoniakgas und verbindet sich damit zu einem starren weißen Körper $SbCl_3 . NH_3$, der bei gelindem Erwärmen alles Ammoniak wieder abgiebt. Mit Chloriden, Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorbarium, Chlorcalcium,

Chlorstrontium verbindet es sich zu krystallisirenden Doppelsalzen.

Liquor Stibii muriatici, salzsaures Dreifach-Chlorantimon. Unter diesem Namen ist eine Lösung von Dreifach-Chlorantimon in Salzsäure officinell. Man stellt es dar durch Lösen von Schwefelantimon in Salzsäure, wie oben beschrieben ist. Nach der Vorschrift der preußischen Pharmakopöe soll 1 Pfd. rohes Schwefelantimon in 4 Pfd. concentrirter Salzsäure gelöst werden, die Flüssigkeit so weit eingedampft werden, bis der Rückstand noch 1 Pfd. wiegt, und dieser soll dann in so viel einer Mischung von 1 Th. Salzsäure (1,12 spec. Gew.) und 4 Th. Wasser gelöst werden, bis die Flüssigkeit ein specifisches Gewicht 1,345 bis 1,350 hat.

Nach dem Codex hamburgensis werden 2 Th. Spießglanzsafran mit 6 Th. trocknem Kochsalz gemischt in eine Retorte gebracht und darin mit einer Mischung von 4 Th. Schwefelsäure und 2 Th. Wasser übergossen und destillirt. Es geht dabei neben Chlorantimon wäßrige Salzsäure über und beide vereinigen sich zu einer gelblichen Flüssigkeit von 1,44 spec. Gew.

Die Vorschriften zur Darstellung dieses Präparats weichen daher bedeutend von einander ab und man hat sich für pharmaceutische Zwecke nach den Angaben der Landespharmakopöe zu richten. Wird es, wie die preußische vorschreibt, durch Lösen bereitet, so enthält es mit Ausnahme von Arsen, welches beim Eindampfen verflüchtigt wird, oder bei Ueberschuß von Schwefelantimon im Rückstande bleibt, alle fremden Metallchloride. Von dem größten Theil des Chlorbleies kann man es befreien, indem man die Flüssigkeit, nachdem sie etwa zur Hälfte verdampft ist, erkalten und dann etwa 24 Stunden stehen läßt; das schwer lösliche Chlorblei krystallisirt dann zum größten Theil aus und kann durch Abgießen oder Filtriren durch Glasscherben, Asbest oder Schießbaumwolle abgeschieden werden, worauf man die übrige Flüssigkeit bis zu dem angegebenen Grade verdampft. In der Pharmacie wird die Lösung nur äußerlich als Aetzmittel angewandt, namentlich gebraucht man es, um wunde Stellen bei Thieren zu ätzen; es ist daher chemische Reinheit nicht unbedingt erforderlich, will man diese erreichen, so muß man entweder mit reinen Rohstoffen arbeiten, oder das Chlorantimon destilliren.

Chlorantimon-Antimonoxyd, Algarothpulver, entsteht durch Zersetzung des Dreifach-Chlorantimons mit Wasser als flockiger weißer Niederschlag, der unter Wasser zu kleinen mikroskopisch feinen Krystallnadeln zusammensinkt. Seine Zusammensetzung ist nicht constant; je nachdem man bei der Fällung mehr oder weniger Wasser anwandte, je nachdem man längere oder kürzere Zeit mit kaltem oder warmem Wasser auswusch, enthält der Niederschlag mehr oder weniger Chlorantimon, bei der Behandlung mit kochendem Wasser bleibt fast reines Antimonoxyd.

Das Algarothpulver ist in sofern von technischer Wichtigkeit, als es das zu Darstellungen von chemisch reinem Antimonoxyd geeignetste Material ist und als solches namentlich zu der fabrikmäßigen Darstellung von Brechweinstein dient. Seiner Bereitung geht die des Dreifach-Chlorantimons voraus und diese ist ganz wie oben angegeben. Rohes Schwefelantimon wird mit Salzsäure gekocht, bis keine Entwicklung von Schwefelwasserstoff mehr stattfindet und noch ein Rückstand von unzersetztem Schwefelantimon bleibt. Die Lösung geschieht in gläsernen Kolben oder Retorten oder in geräumigen Schalen von Porzellan oder Steinzeug im Sandbade. Wegen des massenhaft entweichenden Schwefelwasserstoffs ist es zweckmäßig, zur Darstellung im Großen ein besonderes Sandbad, nur von einem leichten Bretterdach überdeckt, im Freien zu errichten. Nach beendigter Lösung läßt man erkalten, gießt die Flüssigkeit, soweit es thunlich ist, von dem ungelösten Schwefelantimon ab und läßt den Rest auf einem Trichter von Steinzeug, in dem sich eine Schicht von grobem Sand befindet, abtropfen. Die klare Flüssigkeit gießt man in ein großes mit Wasser gefülltes Gefäß, in dem Verhältniß, daß auf 1 Th. Lösung etwa 20 Th. Wasser kommen. Durch starkes Umrühren sorgt man für rasche Vermischung und läßt dann 24 Stunden ruhig stehen. Der schwere weiße Niederschlag hat sich am Boden abgesetzt und wird durch Decantation von der überstehenden Flüssigkeit befreit. Diese Flüssigkeit enthält neben freier Salzsäure einen Theil des Chlorantimons gelöst, außerdem aber alles Eisen, Blei, Kupfer, welche im rohen Schwefelantimon enthalten waren; durch Zusatz von Kalkmilch kann man alle Metalloxyde fällen und durch Reduction mit Kohle ein unreines metallisches Antimon gewinnen. Das Algarothpulver wird von Neuem in Wasser aufgerührt und durch wiederholte Decantation so lange gewaschen, bis die überstehende Flüssigkeit nicht mehr sauer reagirt und auf Zusatz von Blutlaugensalz weder getrübt wird, noch eine blaue Färbung zeigt, ein Beweis, daß alles Eisenchlorid und Chlorblei ausgewaschen ist.

Das Algarothpulver ist im reinen Zustand blendend weiß, häufig ist es aber schwach gelblich gefärbt, von einem geringen Gehalt an Schwefelantimon. Dieses rührt daher, daß die Lösung des Dreifach-Chlorantimons leicht Spuren von Schwefelwasserstoff zurückhält, welches dann orangefarbenes Schwefelantimon fällt. Will man dieses vermeiden, so muß man entweder die Lösung vor der Zersetzung sehr anhaltend kochen, oder ihr zunächst nur so viel Wasser zusetzen, bis eine geringe Trübung entsteht. Das Schwefelantimon fällt dann zuerst nieder und kann durch Filtration entfernt werden. Bei der Bereitung von Brechweinstein ist die Spur von Schwefelantimon aber nicht hinderlich und lohnt die Mühe der Abscheidung nicht.

Die Unreinigkeiten des Schwefelantimons werden durch das Auswaschen vollständig entfernt; um dieses aber zu erleichtern, ist es immerhin zweckmäßig, das Chlorblei vor der Fällung auskrystallisiren zu lassen.

Es ist manchmal empfohlen worden, der Salzsäure bei der Lösung des Schwefelantimons eine geringe Menge Salpetersäure zuzusetzen. Dieses ist aber vollkommen zwecklos und kann unterbleiben.

Fünffach-Chlorantimon $SbCl_5$ bildet sich unter Feuererscheinung, wenn man feingepulvertes Antimon in ein mit Chlorgas gefülltes Gefäß schüttet. Man stellt es am leichtesten dar, indem man in eine mit gepulvertem Antimon gefüllte Retorte einen raschen Strom von

getrocknetem Chlorgas leitet. Durch die Absorption des Gases wird die Temperatur so erhöht, daß der größte Theil des Products überdestillirt, nur gegen Ende der Operation ist gelinde Erwärmung nöthig.

Das Dreifach-Chlorantimon absorbirt das Chlorgas sehr leicht und verwandelt sich in Fünffach-Chlorantimon.

Im reinen Zustande ist es eine farblose, an der Luft stark rauchende, schwere Flüssigkeit. Beim Erhitzen verflüchtigt es sich, wobei jedoch partielle Zersetzung eintritt; es wird Chlor frei und Dreifach-Chlorantimon bleibt zurück. Nach Mitscherlich beginnt es schon von 24° an Chlor abzugeben, die Temperatur steigt dann immer höher, bis bei 140° unzersetztes Fünffach-Chlorantimon destillirt, bei 200° bleibt nur noch Dreifach-Chlorantimon zurück.

In der Kälte absorbirt es ölbildendes Gas C_4H_4 in großer Menge und giebt dann bei gelinder Erwärmung Elaylchlorür $C_4H_4Cl_2$ ab, während Dreifach-Chlorantimon zurückbleibt.

Durch trocknen Schwefelwasserstoff wird es unter Abscheidung von Salzsäure zersetzt, es entsteht dabei ein Körper, welcher dem Fünffach-Chlorantimon entspricht, aber an der Stelle von zwei Aequivalent Chlor zwei Aequivalent Schwefel enthält:

$$\underbrace{SbCl_5}_{\text{Fünffach-Chlorantimon.}} + \underbrace{2\,HS}_{\text{Schwefelwasserstoff.}} = \underbrace{SbS_2Cl_3}_{\text{Antimonsulfochlorid.}} + \underbrace{2\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoff.}}$$

Aus feuchter Luft absorbirt es Wasser und scheidet dann Krystalle von gewässertem Fünffach-Chlorantimon ab, diese zerfließen, indem sie mehr Wasser aufnehmen, zu einer dicken Flüssigkeit. Beim Vermischen mit viel Wasser wird es sofort in Antimonsäurehydrat und Salzsäure zerlegt:

$$\underbrace{SbCl_5}_{\text{Fünffach-Chlorantimon.}} + \underbrace{5\,HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{SbO_5}_{\text{Antimonsäure.}} + \underbrace{5\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoff.}}$$

Um die Antimonsäure auf diese Weise darzustellen, kann man in die salzsaure Lösung des Dreifach-Chlorantimons (Liquor Stibii muriatici) Chlorgas einleiten und dann die Flüssigkeit mit Wasser zersetzen.

Dreifach-Schwefelantimon SbS_3. Das Dreifach-Schwefelantimon hat zwei verschiedene Formen, es ist krystallisirt oder amorph. Krystallisirt wird es stets erhalten, wenn Antimon und Schwefel sich direct vereinigen, also beim Zusammenschmelzen beider. Das Grauspießglanzerz und das sogenannte rohe Schwefelantimon, Antimonium crudum (s. S. 583), sind die krystallisirte Modification. Es fällt dagegen als amorpher Niederschlag, wenn Antimonoxydsalze oder Dreifach-Chlorantimon durch Schwefelwasserstoff zersetzt werden, oder indem man ein Doppelsalz von Dreifach-Schwefelantimon mit Schwefelmetall, ein Sulfantimoniit, durch verdünnte Säuren zerlegt. In diesem Zustande ist es ein dunkel orangefarbiger Niederschlag und enthält Wasser. Trocknet man es bei 100°, so wird es braunroth, ohne aber seinen Wassergehalt abzugeben. Erst bei 200° C. wird es vollständig entwässert, geht aber dabei in die krystallisirte Modification über. Umgekehrt läßt sich die krystallisirte in die amorphe Modification überführen, indem man das schwarze Schwefelantimon zum Schmelzen erhitzt und es durch Eingießen in kaltes Wasser rasch abkühlt; zerrieben giebt es dann ein rothbraunes Pulver.

Das amorphe Dreifach-Schwefelantimon ist ein wesentlicher Bestandtheil des namentlich früher als Arzneimittel sehr geschätzten Kermes minerale. Seine Bildung erklärt sich am leichtesten aus dem Verhalten der Alkalien oder kohlensauren Alkalien gegen das Dreifach-Schwefelantimon. Denkt man sich 4 Aeq. Dreifach-Schwefelantimon und 4 Aeq. Kali in Wechselwirkung tretend, so entstehen 3 Aeq. Einfach-Schwefelkalium und 1 Aeq. Antimonoxyd, ersteres vereinigt sich mit 3 Aeq. Dreifach-Schwefelantimon zu Kaliumsulfantimoniit und letzteres verbindet sich mit 1 Aeq. Kali zu Antimonoxyd-Kali.

Also:

$$\underbrace{SbS_3}_{\text{Dreifach-Schwefelantimon.}} + \underbrace{3\,KO}_{\text{Kali.}} = \underbrace{3\,KS}_{\text{Einfach-Schwefelkalium.}} + \underbrace{SbO_3}_{\text{Antimonoxyd.}}$$

$$\underbrace{3\,KS}_{\text{Einfach-Schwefelkalium.}} + \underbrace{3\,SbS_3}_{\text{Dreifach-Schwefelantimon.}} + \underbrace{KO}_{\text{Kali.}} + \underbrace{SbO_3}_{\text{Antimonoxyd.}} = \underbrace{3\,(KS + SbS_3)}_{\text{Kaliumsulfantimoniit.}} + \underbrace{KO\,.\,SbO_3}_{\text{Antimonoxyd-Kali.}}$$

Oder:

$$4\,SbS_3 + 4\,KO = 3\,(KS\,.\,SbS_3) + KO\,.\,SbO_3$$

Man erhält somit eine vollkommen klare Auflösung, die Kaliumsulfantimoniit und Antimonoxyd-Kali enthält. Zersetzt man diese mit einer Säure, so fällt nur amorphes Dreifach-Schwefelantimon nieder, ohne Entwicklung von Schwefelwasserstoff, weil in der Lösung auf je 1 Aeq. Antimonoxyd 3 Aeq. Einfach-Schwefelkalium vorhanden sind, dessen Schwefel unmittelbar sich mit dem Antimon des Antimonoxyds zu Dreifach-Schwefelantimon verbindet, während der Sauerstoff des Antimonoxyds an die 3 Aeq. Kalium tritt oder sich mit dem Wasserstoff der Säure zu Wasser verbindet. Nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{3\,(KS\,.\,SbS_3)}_{\text{Kaliumsulfantimoniit.}} + \underbrace{KO\,.\,SbO_3}_{\text{Antimonoxyd-Kali.}} + \underbrace{4\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoffsäure.}} = \underbrace{4\,SbS_3}_{\text{Dreifach-Schwefelantimon.}} + \underbrace{4\,KCl}_{\text{Chlorkalium.}} + \underbrace{4\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

Bringt man in die klare Lösung neue Mengen von Schwefelantimon unter gleichzeitigem Zusatz von Alkali, so geht dieselbe Zersetzung vor sich. Aber das Antimonoxyd-Alkali ist in Wasser nicht unbeschränkt löslich; es scheidet sich also, sobald eine gewisse Concentration erreicht ist, Antimonoxyd und Antimonoxyd-Alkali aus,

während sich immer mehr Schwefelantimon löst. Das ausgeschiedene Antimonoxyd verbindet im Moment der Abscheidung sich mit Schwefelantimon und man erhält daher aus der filtrirten Flüssigkeit ein Gemenge von Schwefelantimon-Antimonoxyd und Antimonoxyd-Alkali, welches als Antimonsafran, Crocus Antimonii, bezeichnet wird.

Ist einmal Antimonsafran abgeschieden, so verhält sich die von diesem abfiltrirte Flüssigkeit gegen Säuren anders als die oben erwähnte Lösung. Sie enthält auf 3 Aeq. Einfach-Schwefelkalium nur weniger als 1 Aeq. Antimonoxyd und in Folge dessen entwickelt sie beim Vermischen mit Säure Schwefelwasserstoff, weil das als Antimonoxyd vorhandene Metall nicht mehr ausreicht, um allen Schwefel zu binden.

Erhitzt man die Flüssigkeit, in welcher neben Alkali Schwefelantimon enthalten ist, bei Abschluß der Luft, so wird von dem Schwefelalkali mehr Schwefelantimon gelöst, als dieses beim Erkalten zurückhalten kann. Filtrirt man daher vom Antimonsafran ab und läßt erkalten, so erhält man einen grauen Niederschlag, der viel unlösliches Schwefelantimon-Schwefelkalium, Schwefelantimon und Antimonoxyd enthält und die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit enthält dann eine in der Kälte gesättigte Verbindung von Schwefelkalium und Dreifach-Schwefelantimon.

Kocht man dagegen bei Zutritt der Luft längere Zeit unter Ersatz des verdampfenden Wassers, so wird Sauerstoff aus der Luft aufgenommen, das Schwefelkalium oxydirt sich zu Kali und der Schwefel tritt an das Dreifach-Schwefelantimon unter Bildung von Fünffach-Schwefelantimon. Das freigewordene Alkali giebt nun zur Entstehung einer neuen Menge Antimonoxyd-Alkali Veranlassung. Läßt man nun nach rascher Filtration erkalten, so scheidet sich ein feurig-braunrother Niederschlag aus, der aus Dreifach-Schwefelantimon und Antimonoxyd besteht und der eigentliche Kermes ist. Die Bildung des grauen Niederschlages wird dadurch verhütet, daß die Flüssigkeit nunmehr eine größere Menge Antimonoxyd-Alkali enthält.

Beim Erkalten scheidet sich aus der heißen Flüssigkeit zuerst fast reines Schwefelantimon ab, nach und nach wird dieses aber reicher an Antimonoxyd, dem auch ein gewisser Theil Antimonoxyd-Alkali beigemischt ist.

Gießt man nach dem Erkalten die Flüssigkeit von dem ausgeschiedenen Kermes ab und bringt sie auf das ungelöst gebliebene Schwefelantimon zurück, so wird von diesem beim Kochen ein neuer Theil aufgenommen und man erhält nach dem Erkalten wieder Kermes. Die Auskochungen mit der Flüssigkeit kann man mehrere Male wiederholen und neue Mengen von Kermes gewinnen. Je öfter man jedoch die Auskochung wiederholt, um so reicher wird der niedergefallene Kermes an Antimonoxyd. So enthielten vier verschiedene Kermesproben, die durch nach einander folgende Auskochungen des unlöslichen Rückstandes mit der übrig gebliebenen Flüssigkeit erhalten wurden, folgendes Verhältniß von Schwefelantimon und Antimonoxyd:

	1.	2.	3.	4.
Schwefelantimon	92	67	57	33
Antimonoxyd	8	33	43	67

Die Vermehrung des Antimonoxyds im Niederschlag rührt daher, daß die Flüssigkeit zuerst so viel, oder doch nahezu so viel, Alkali enthält, als Antimonoxyd erfordert, um in Lösung zu bleiben; bei der zweiten Auskochung wird eine neue Menge von Oxyd gebildet, welche sich bei Siedhitze löst, beim Erkalten aber abgeschieden wird und so fort, so daß die Flüssigkeit immer reicher an Oxyd wird.

Im Vorstehenden ist nur die Behandlung des Dreifach-Schwefelantimons mit ätzenden Alkalien berücksichtigt. Bei der Bereitung des Kermes wendet man aber gewöhnlich die kohlensauren Salze und zwar meistens kohlensaures Natron an. Die Zersetzung ist dabei im Wesentlichen dieselbe. Läßt man Kali- oder Natronhydrat auf amorphes Dreifach-Schwefelantimon wirken, so findet schon in der Kälte vollständige Lösung Statt, von kohlensaurem Alkali wird es dagegen nicht zersetzt. Kocht man aber mit diesem, so erhält man unter Freiwerden von Kohlensäure die Lösung von Kalium- oder Natriumsulfantimoniit und Antimonoxyd-Alkali.

Glüht man ein trocknes Gemenge von Dreifach-Schwefelantimon und kohlensaurem Natron und erhitzt, bis das Ganze in ruhigen Fluß gekommen ist, so findet dieselbe Zersetzung wie auf nassem Wege Statt. Es bildet sich Schwefelnatrium und Antimonoxyd. Je nachdem aber die Menge des angewandten Alkalis größer oder geringer war, ist das Antimonoxyd entweder mit dem Natron oder mit Schwefelantimon verbunden. Bei geringer Menge von Alkali ist die Schmelze in Wasser unlöslich, da unlösliches Antimonoxyd-Schwefelantimon vorwiegt, bei größerer Menge löst siedendes Wasser aus der gepulverten Masse Natriumsulfantimoniit mit überschüssigem Schwefelantimon und Antimonoxyd-Natron auf, welches beim Erkalten Kermes absetzt, während Safran zurückbleibt. Beim Schmelzen mit überschüssigem Alkali tritt jedoch noch eine zweite secundäre Zersetzung ein. Veranlaßt durch die große Affinität des Fünffach-Schwefelantimons zum Schwefelnatrium, giebt ein Theil des Dreifach-Schwefelantimons seinen Schwefel ab und es wird unter Bildung von Fünffach-Schwefelantimon-Natrium oder Natriumsulfantimoniat metallisches Antimon ausgeschieden nach folgender Gleichung:

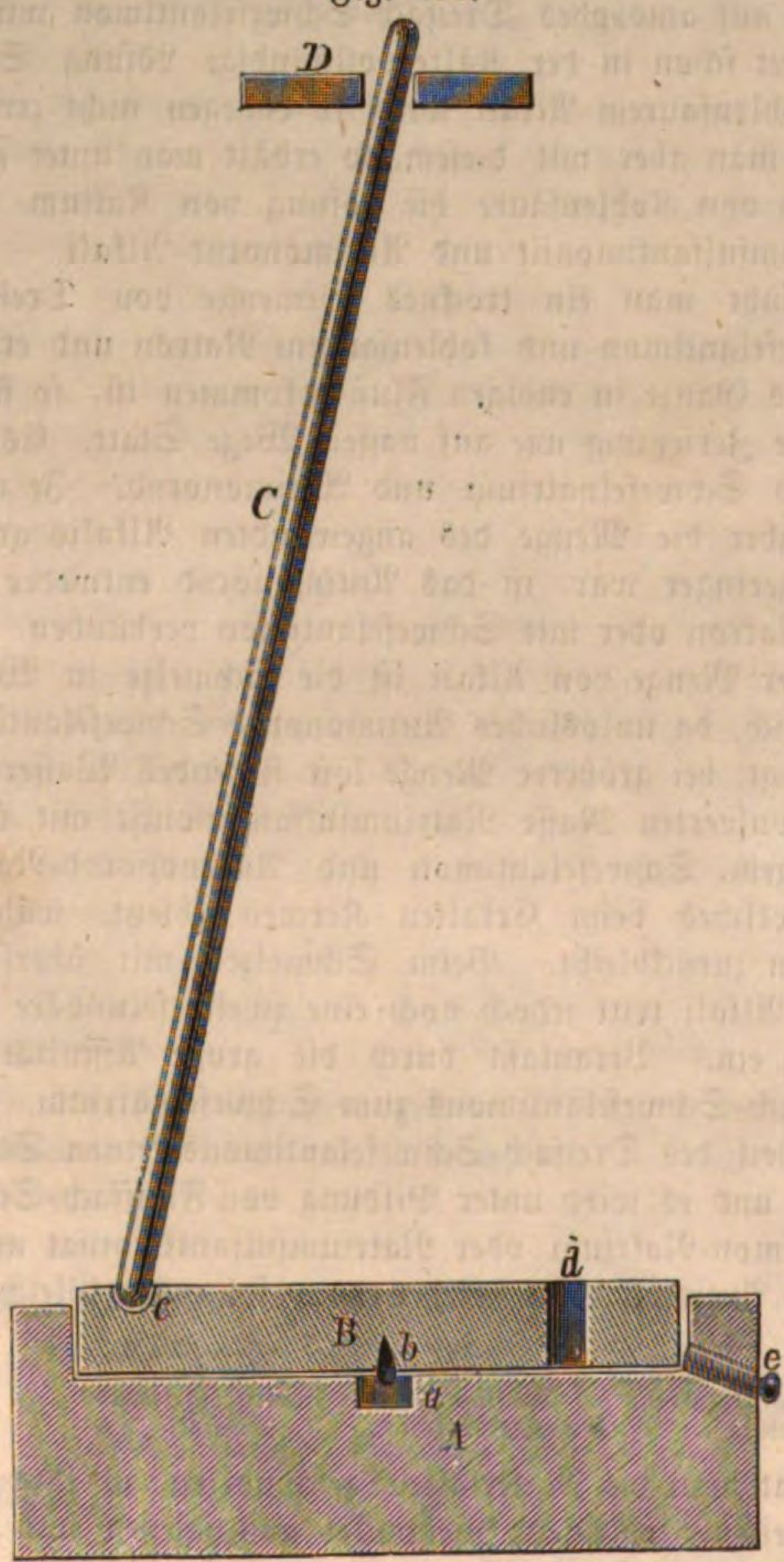
$$\underbrace{3\,NaS\,.\,SbS_3}_{\text{Natriumsulfantimoniit.}} + \underbrace{2\,SbS_3}_{\text{Dreifach-Schwefelantimon.}} = \underbrace{3\,NaS\,.\,SbS_5}_{\text{Natriumsulfantimoniat.}} + \underbrace{2\,Sb}_{\text{Antimon.}}$$

Hat man die Materialien geschmolzen, so thut man am besten, in einen Gießpuckel auszugießen und nach dem Erkalten das sich am Boden abgeschiedene Metall durch Hammerschläge von der darüber befindlichen Masse zu trennen. Diese wird dann gepulvert und mit Wasser ausgekocht; nach dem Erkalten scheidet sie den Kermes ab und es bleibt in der Flüssigkeit außer dem unzersetzten Sulfantimoniit eine dem ausgeschiedenen Metall entsprechende Menge Sulfantimoniat in Lösung. Letzteres kann nach wiederholten Auskochungen, wenn die Lösung keinen Kermes mehr giebt, durch Verdampfung und Krystallisation gewonnen werden.

Darstellung. Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, daß der Kermes keine bestimmte Verbindung ist, sondern je nach seiner Darstellungsweise mehrere verschiedene Verbindungen und in wechselnden Verhältnissen

enthalten kann. So lange derselbe noch officinell ist, hat man sich daher genau nach den Angaben seiner betreffenden Pharmakopöe zu richten. Es ist jedoch zu bemerken, daß das Schwefelantimon bei der Behandlung auf nassem Wege um so schwieriger vom kohlensauren Natron angegriffen wird, je weniger fein es zertheilt ist. Es ist daher auf das Pulvern die größte Sorgfalt zu verwenden, und sehr zweckmäßig ist es, wenn man kleinere Mengen zu verarbeiten hat, dieselben auf einem Stein mit dem Läufer, unter Anfeuchtung mit Wasser, vorher zum feinsten Schlamm zu präpariren. Für die Darstellung in größerem Maßstabe eignet sich dazu der in Fig. 137 dargestellte Apparat sehr gut.

Fig. 137.



A ist ein fester Sandstein von etwa $2\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser, in dem eine kreisförmige Vertiefung von 3 Zoll so eingearbeitet ist, daß der Boden vollkommen eben und glatt ist. In diese Vertiefung paßt genau ein zweiter Stein *B*, der um einen Zapfen *b* in der Pfanne *a* drehbar ist. Nahe an der Peripherie von *B* ist eine Vertiefung *c* und in diese ist ein langer Stab *C* gestellt, der sich an seinem anderen Ende frei in einem an der Decke des Arbeitsraumes befestigten, von einem Loche durchbohrten Brette *D* dreht. Das rohe Schwefelantimon wird zunächst im eisernen Mörser fein zerstoßen und gesiebt. Das Pulver wird mit Wasser zu Brei angerührt und in kleinen Quantitäten durch die Oeffnung *d* mittelst eines Trichters eingefüllt. Ein Arbeiter faßt nun die Stange *C* und versetzt sie unter ganz gelindem Druck auf den Stein in Umdrehung, wodurch das Schwefelantimon zwischen den Steinen zertheilt und bei fortdauernder Umdrehung des oberen zu feinstem Schlamm gerieben wird. Sobald es genügende Feinheit angenommen hat, läßt man durch die Oeffnung *d* mehr Wasser zufließen, führt den Stein noch einige Male im Kreise herum, um das Feinste vollständig im Wasser zu vertheilen, und läßt dann die Trübe durch die bis dahin mit einem langen Pflock verschlossen gewesene Oeffnung *e* in ein darunter gestelltes Gefäß abfließen. Den Zusatz von Wasser wiederholt man so lange, bis bei fortgesetzter Drehung des Steins nicht mehr Trübe abfließt. Alsdann verschließt man *e* wieder und giebt eine neue Menge Pulver zu. Die Trübe setzt sich aus dem Wasser leicht ab und wird bei gelinder Wärme getrocknet.

Das so präparirte Schwefelantimon löst sich weit leichter als das nur gepulverte. Noch leichter löst es sich aber, wenn man es nach Liebig's Vorschrift zuerst in amorphes Sulfid verwandelt. Man kocht 1 Th. gepulvertes Schwefelantimon mit 4 Th. Natronlauge von 30° B. (1,25 spec. Gew.) und 12 Th. Wasser, oder 1 Th. Schwefelantimon mit 3 Th. krystallisirter Soda, 1 Th. Aetzkalk und 15 Th. Wasser etwa eine Stunde lang, filtrirt heiß und fügt zu der Flüssigkeit so viel verdünnte Schwefelsäure, bis alles Schwefelantimon gefällt ist und die Lösung eine schwach saure Reaction zeigt. Der Niederschlag wird dann in der Flüssigkeit gut aufgerührt und das Ganze in drei gleiche Theile getheilt, jeder Theil durch Uebergießen mit heißem Wasser und Decantiren gut ausgewaschen und dann auf drei Filtern gesammelt. Nun wird 1 Th. wasserfreies kohlensaures Natron, oder 2,7 Th. krystallisirte Soda in 34 Th. Wasser gelöst, dem Inhalt des ersten Filters hinzugegeben und damit 1 Stunde gekocht. Es löst sich Alles zu einer klaren Flüssigkeit und beim Abkühlen scheidet sich der Kermes ab. Die darüber stehende Lösung mit dem Inhalt des zweiten Filters gekocht, giebt eine zweite Portion Kermes und die hiervon abfiltrirte Lösung wird mit der dritten Portion Schwefelantimon gekocht, um auch diese in Kermes zu verwandeln.

Die zuletzt übrig bleibende Flüssigkeit kann man wie bei allen Bereitungsmethoden des Kermes dadurch zu gute machen, daß man sie mit verdünnten Säuren zersetzt, wobei Schwefelantimon abgeschieden wird.

Die einzelnen Vorschriften zur Bereitung des Kermes weichen von einander in dem Mengenverhältniß der anzuwendenden Substanz ab. Sobald diese nach der Pharmakopöe streng inne gehalten werden, bietet die Ausführung außer dem bereits Erwähnten nichts Bemerkenswerthes mehr dar. Der auf die eine oder die andere Weise erhaltene Kermes wird mit kaltem, am besten zuvor durch Auskochen von Luft befreitem Wasser gewaschen und dann bei niedriger Temperatur getrocknet.

Betrachtet man den Kermes bei nur geringer Vergrößerung unter dem Mikroskop, so erkennt man sogleich, daß er ein Gemenge zweier verschiedener Körper ist. Das Antimonoxyd erscheint dabei als kleine farblose, durchsichtige Krystalle, während sich das braunrothe

amorphe Schwefelantimon als undurchsichtige und daher schwarze Kügelchen darstellt. Behandelt man den Kermes mit einer wäßrigen Lösung von Weinsäure, oder kocht man ihn mit Weinstein, so geht alles Antimonoxyd in Lösung und es verbleibt im Rückstande reines Schwefelantimon. Durch Ausziehen mit Weinsäure — wobei vorhandenes Antimonoxyd-Alkali mit in Lösung geht — und nachheriges Trocknen bei 100° kann man den Gehalt an Schwefelantimon im Kermes bestimmen. Beim Kochen mit Wasser zersetzt sich der Kermes unter fortwährender Entwicklung von Schwefelwasserstoff, bis zuletzt reines Antimonoxyd zurückbleibt. An der Luft erhitzt, verbrennt er wie Schwefelantimon zu antimonsaurem Antimonoxyd. Im Uebrigen verhält er sich gegen Reagentien wie das krystallinische Schwefelantimon.

Antimonzinnober. Mit diesem Namen ist neuerdings eine Schwefelantimonverbindung bezeichnet worden, die nicht mit dem früher officinellen Cinnabaris Antimonii zu verwechseln ist. Der Antimonzinnober ist eine prachtvoll rothe Farbe, von der man hoffte, daß sie große Verwendung finden würde; sie hat sich in der Technik aber bis jetzt noch nicht Eingang verschafft.

Seiner Zusammensetzung nach ist der Antimonzinnober nach Mathieu Plessy reines Dreifach-Schwefelantimon SbS_3, nach Strohl $SbS_3 . SbO_3$, endlich nach Wagner $2 SbS_3 + SbO_3$. Die Versuche von Mathieu Plessy sind von Rieckher wiederholt und bestätigt worden. Dieselben ergeben, daß das Dreifach-Schwefelantimon in dieser Form beim Auswaschen und Trocknen leicht sauerstoffhaltig werde, woher die abweichenden Formeln; es spricht jedoch Manches dafür, daß die von Wagner gefundene Formel richtig sei, worauf wir unten zurückkommen werden.

Nach Böttger stellt man den Antimonzinnober auf folgende Weise dar, wobei man ihn von prachtvoll carmoisinrother Farbe erhält.

In einer Porzellanschale vermischt man 1 Th. einer Lösung von Dreifach-Chlorantimon von 1,35 spec. Gew. mit $1\frac{1}{2}$ Th. unterschwefligsaurem Natron, gelöst in 3 Th. Wasser, und erhitzt unter fortwährendem Umrühren so lange, bis sich kein Niederschlag mehr abscheidet. Dieser wird auf einem Filter gesammelt und, nachdem alle Flüssigkeit so weit wie möglich abgetropft ist, mit Wasser, dem etwas Essigsäure oder Weinsäure zugesetzt ist, übergossen und erst später mit reinem Wasser vollständig ausgewaschen. Der Zusatz von Essigsäure oder Weinsäure ist erforderlich, weil in der Flüssigkeit noch unzersetztes Dreifach-Chlorantimon vorhanden ist, welches durch reines Wasser in Algarothpulver verwandelt werden und dann die Schönheit der Farbe beeinträchtigen würde.

Die Bildung des Schwefelantimons aus Dreifach-Chlorantimon und unterschwefligsaurem Natron kann man sich nach Mathieu Plessy erklären, wenn man 1 Aeq. Dreifach-Chlorantimon mit 3 Aeq. unterschwefligsaurem Natron und 3 Aeq. Wasser in Wechselwirkung treten läßt. Das Antimonoxyd entzieht dem unterschwefligsauren Natron die Hälfte des Schwefels, während gleichzeitig Wasser zersetzt wird, dessen Wasserstoff sich mit dem Chlor verbindet, und dessen Sauerstoff mit den übrig bleibenden Elementen des unterschwefligsauren Natrons zu schwefelsaurem Natron zusammentritt, nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{SbCl_3}_{\text{Dreifach-Chlorantimon.}} + \underbrace{3\,NaO\ S_2O_2}_{\text{Unterschwefligsaures Natron.}} + \underbrace{3\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

$$= \underbrace{SbS_3}_{\text{Antimonzinnober.}} + \underbrace{3\,NaO . SO_3}_{\text{Schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{3\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoff.}}$$

Nach Wagner erhält man Antimonzinnober, indem man zu einer Lösung von 4 Th. Brechweinstein und 3 Th. krystallisirter Weinsäure in 18 bis 20 Th. Wasser von 60 bis 70° eine kaltgesättigte Lösung von unterschwefligsaurem Natron fügt und bis auf 80 bis 90° erhitzt. Der getrocknete Niederschlag soll kein fremdes beigemengtes Oxyd enthalten, aber die oben angeführte Zusammensetzung haben, welche der des Rothspießglanzerzes entspricht.

Nach Kopp zersetzt man zur Darstellung des Antimonzinnobers im Großen das Dreifach-Chlorantimon durch unterschwefligsauren Kalk. Es zerfällt dann die Bereitung in folgende drei Abschnitte:

1) Darstellung des Dreifach-Chlorantimons. Die Lösung des Dreifach-Schwefelantimons macht beim Arbeiten im Großen manche Schwierigkeit, deshalb wird vorgezogen, zunächst Antimonasche darzustellen, indem Schwefelantimon unter Zutritt von Luft und Wasserdampf bei gelinder Temperatur geröstet wird. Das Röstgut wird mit Salzsäure behandelt, welche Antimonoxyd löst und antimonsaures Antimonoxyd zurückläßt. Letzteres wird dadurch zu Gute gemacht, daß man es zunächst mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Kalk wäscht, welche das Dreifach-Chlorantimon aufnimmt, und dann unter Zusatz von einer geringen Menge Kalk — um noch anhängendes Chlorantimon zu zersetzen — und Schwefelantimon auf Spießglanzglas verarbeitet, welches dann für sich in Salzsäure gelöst wird.

2) Darstellung des unterschwefligsauren Kalks. Dazu dient Schwefelcalcium, welches man durch Kochen von Kalkmilch mit Schwefel erhält, oder Calciumoxysulfuret, der unlösliche Rückstand der Sodafabriken. Das Calciumoxysulfuret wird in Wasser vertheilt, oder man fügt es zu einer Lösung von Mehrfach-Schwefelcalcium, oder endlich wendet man eine mit Kalkmilch versetzte Lösung von Mehrfach-Schwefelcalcium an und leitet schweflige Säure hinein. Letztere erhält man als Nebenproduct beim Rösten des Schwefelantimons.

Der Röstofen steht zu dem Zweck mit einer oder mehreren flachen Kufen in Verbindung, in welchen das in Wasser vertheilte Sulfuret durch Schaufelräder fortwährend in Bewegung erhalten und in dünnen Schichten den schwefligsauren Dämpfen ausgesetzt wird. Es wird dabei zunächst unter Abscheidung von Schwefel schwefligsaurer Kalk gebildet, der aber sofort wieder Schwefel aufnimmt und sich in das unterschwefligsaure Salz verwandelt. Man unterbricht die Zuleitung der schwefligen Säure sofort, wenn die Flüssigkeit schwach sauer geworden ist, und läßt sie dann in einen großen Behälter fließen, worin sie gewöhnlich nach kurzer Zeit von selbst neutral wird, indem das noch darin suspendirte Schwefelcalcium durch die freie schweflige Säure

zersetzt wird. Sollte sie nicht neutral werden, so fügt man eine geringe Menge Schwefelcalcium hinzu. Sobald die Neutralisation durch das Schwefelcalcium herbeigeführt ist, bildet sich ein feinvertheilter schwarzer Niederschlag von Schwefeleisen, dessen Eisen eine Verunreinigung der angewandten Materialien ist. Nach freiwillig erfolgter Klärung ist die Lösung zum Gebrauch fertig.

3) Darstellung des Antimonzinnobers. Der zur Zersetzung anzuwendende Apparat besteht aus mehreren Kufen von 2000 bis 3000 Liter Inhalt, die etwa 1 Meter hoch vom Boden aufgestellt sind und deren Inhalt entweder durch frei einströmenden, oder besser durch in Schlangenröhren circulirenden Dampf erwärmt werden kann.

Die Kufen werden bis zu $\frac{7}{8}$ ihres Inhalts mit der Lösung von unterschwefligsaurem Kalk gefüllt und dann die Lösung des Dreifach-Chlorantimons in kleinen Quantitäten unter fortwährendem Umrühren zugesetzt. Bei jedesmaligem Zusatz entsteht ein weißer Niederschlag, der sich aber sofort wieder löst. Man unterbricht den Zusatz des Chlorantimons, sobald der Niederschlag sich nicht gleich wieder auflöst; sollte eine geringe weißliche Trübung bleiben, so stellt man durch etwas unterschwefligsauren Kalk eine vollkommen klare Lösung her. Alsdann erwärmt man durch den Dampf die Flüssigkeit, unter stetem Umrühren bis auf 50 bis 60°, und kann die Wärme selbst bis zu 70° steigern. Bei zunehmender Temperatur färbt sich die Flüssigkeit zunächst schwach gelb, darauf citronengelb, orange, röthlich orange und endlich sehr lebhaft orangeroth. Wenn dies der Fall ist, unterbricht man die Zuleitung des Dampfes; die Temperatur ist ausreichend, um bei fortwährendem Umrühren die Zersetzung zu Ende zu führen, die Farbe nimmt dann von selbst nach und nach den höchsten Grad der Intensität an. Würde man noch länger erhitzen, so würde die Farbe zu rasch fortschreiten und nicht beim Carmoisinroth stehen bleiben, sondern braunroth und selbst schwarz werden.

Der entstandene Niederschlag setzt sich sehr rasch ab, worauf man die darüberstehende, stark nach schwefliger Säure riechende Flüssigkeit durch einen Hahn in einen größeren Behälter fließen läßt. In diesen Behälter ist schon vorher Calciumoxysulfuret gebracht, welches sofort durch die mit schwefliger Säure beladene Flüssigkeit in unterschwefligsauren Kalk übergeführt wird.

In der Flüssigkeit, welche vom Antimonzinnober abgezapft ist, ist der ganze Eisengehalt des rohen Antimons vorhanden und dieser giebt bei der Behandlung mit dem Schwefelcalcium einen guten Indicator, nach welchem man die Zersetzung regulirt.

Sobald die eisenhaltige Flüssigkeit mit dem Ueberschuß an Schwefelcalcium zusammen kommt, entsteht ein schwarzer Niederschlag von Schwefeleisen. Es wird alles Eisen ausgefällt. Fügt man mehr von der mit schwefliger Säure gesättigten Flüssigkeit hinzu, so wird das Schwefeleisen zu unterschwefligsaurem Eisenoxydul gelöst. Sobald dieses eingetreten ist, unterbricht man die Zuleitung der schwefligen Säure und fügt dann mit großer Vorsicht Schwefelcalcium oder das Oxysulfuret hinzu, bis der größte Theil des Eisens ausgefällt ist, in der Flüssigkeit aber immer noch eine geringe Menge von unterschwefligsaurem Eisenoxydul enthalten ist. Würde man so viel Schwefelcalcium zugegeben haben, daß alles Eisen ausgefällt wird, so würde man eine alkalische Flüssigkeit und in dieser Ueberschuß von Schwefelcalcium haben und dieses würde sich nachher mit dem Dreifach-Chlorantimon zu orangegelbem, amorphem Schwefelantimon umsetzen, welches die Farbe des Zinnobers beeinträchtigt.

Die regenerirte Lösung von unterschwefligsaurem Kalk dient wieder zur Zersetzung neuer Quantitäten von Dreifach-Chlorantimon und kann dazu immer von Neuem benutzt werden, bis sie zu reich an Chlorcalcium wird; es pflegt dieses aber erst nach 25 bis 30 Operationen der Fall zu sein.

Der gefällte Antimonzinnober wird auf ein großes Filter gebracht und zunächst von der anhängenden Flüssigkeit so weit wie möglich befreit; diese wird mit der bei der Decantation erhaltenen vereint. Nach dem Abtropfen bringt man den Niederschlag in den Zersetzungsbottich zurück, rührt ihn mit viel Wasser an, läßt absetzen und wiederholt das Auswaschen durch Decantiren der Flüssigkeit so lange, bis nichts mehr aufgenommen wird. Alsdann bringt man den Zinnober auf das Filter, läßt das Wasser abtropfen und trocknet entweder bei gewöhnlicher Temperatur oder in einem nicht über 50 bis 60° C. erwärmten Raum.

Diese Bereitungsmethode macht wohl allen Zweifeln über die Zusammensetzung des Antimonzinnobers ein Ende.

Wäre die Formel von Mathieu Plessy richtig, so müßte sich schwefelsaurer Kalk und Salzsäure bilden, wobei der in Wasser schwer lösliche schwefelsaure Kalk mit dem Dreifach-Schwefelantimon niederfallen und dessen Farbe sehr beeinträchtigen würde.

Die Flüssigkeit, aus der der Antimonzinnober sich abgesetzt hat, enthält aber keine Salzsäure und der Zinnober ist nicht durch schwefelsauren Kalk verunreinigt, sondern die Flüssigkeit enthält schweflige Säure und Chlorcalcium. Die Bildung von schwefliger Säure ist aber ganz unmöglich, wenn der Zinnober aus Dreifach-Schwefelantimon besteht, sie wird dagegen augenblicklich erklärbar, sobald man für den Antimonzinnober die durch Wagner's Analyse gefundene Formel $2\,SbS_3 + SbO_3$ annimmt, denn:

$$\underbrace{9\,CaO\,.\,S_2O_2}_{\text{Unterschwefligsaurer Kalk.}} + \underbrace{3\,SbCl_3}_{\text{Dreifach-Chlorantimon.}}$$

$$= \underbrace{9\,CaCl}_{\text{Chlorcalcium.}} + \underbrace{2\,SbS_3 + SbO_3}_{\text{Antimonzinnober.}} + \underbrace{12\,SO_2}_{\text{Schweflige Säure.}}$$

Eigenschaften. Der Antimonzinnober ist ein prachtvoll rothes, in Wasser, Alkohol, Oelen und Fetten unlösliches Pulver. Von allen verdünnten Säuren wird er nicht zersetzt, auch von Ammoniak und kohlensauren Alkalien wird er in der Kälte wenig angegriffen. Aetzende Alkalien, Kalk, Baryt, zersetzen ihn aber augenblicklich. Reibt man ihn mit Wasser oder Gummischleim an, so zeigt er, als Farbe angewandt, wenig Glanz, als Oelfarbe ist er dagegen ausgezeichnet schön und übertrifft in dieser Beziehung die Mennige, das

Chromroth und selbst den gewöhnlichen Zinnober. Bei guter Bereitung liefert er als Oelfarbe das reinste Roth, d. h. ein Roth, welches weder in Orange noch Rosa, noch in Carmoisin nuancirt, es hat dagegen immer einen sehr schwachen Schein ins Bläuliche. Die Farbe wird durch Luft und Licht nicht verändert. Mit Bleiweiß läßt er sich zusammen reiben, ohne daß das kohlensaure Bleioxyd durch das Schwefelantimon zersetzt wird. Wegen seiner Zersetzbarkeit durch Kalk und Alkalien kann er dagegen nicht zur Frescomalerei verwandt werden.

Spießglanzleber, Hepar Antimonii. Mengt man gleiche Theile Schwefelantimon und Salpeter, beide im gepulverten Zustande, und entzündet einen kleinen Theil davon durch Berührung mit einer glühenden Kohle, so tritt eine heftige Verbrennung ein. Diese Verbrennung wird durch allmäligen Zusatz von neuen Theilen so lange unterhalten, bis die ganze Quantität des Gemenges verbrannt ist. Der Rückstand ist die Spießglanzleber. Würde man gleich eine größere Quantität des Gemenges entzünden, so würde die Zersetzung so lebhaft vor sich gehen, daß ein großer Theil unzersetzt umhergeschleudert werden würde; aus diesem Grunde darf man immer nur geringe Mengen, etwa ein paar Löffel voll zur Zeit in Brand bringen.

Die Mischungsverhältnisse sind bei diesem Präparat der Art, daß keine vollständige Oxydation erfolgen kann. Es ist oben angeführt, daß das Antimonium diaphoreticum, welches wesentlich aus antimonsaurem Kali besteht, ebenfalls durch Verpuffung von Schwefelantimon und Salpeter dargestellt werde; dabei wird dann aber immer wenigstens die doppelte Menge des Salpeters angewandt. Bei den oben gegebenen Verhältnissen bildet sich im Wesentlichen Schwefelantimon-Antimonoxyd, Dreifach-Schwefelantimon-Schwefelkalium oder Kaliumsulfantimoniit, Antimonoxyd-Kali und schwefelsaures Kali.

Es giebt oder gab wenigstens früher in der Pharmacie eine Reihe von Präparaten, die sämmtlich als Antimonleber bezeichnet wurden. Man erhielt sie, indem man entweder metallisches Antimon mit Schwefel und kohlensaurem Kali oder kohlensaurem Natron, oder Schwefelantimon mit kohlensaurem Kali, oder Schwefelantimon mit kohlensaurem Kali und Kohle zusammenschmolz. Sie enthalten je nach den Mischungs-Verhältnissen sämmtlich als wesentliche Bestandtheile: Dreifach-Schwefelantimon-Schwefelkalium, Kaliumsulfantimoniit oder Fünffach-Schwefelantimon-Schwefelkalium, Sulfantimoniat neben Schwefelantimon-Antimonoxyd und Antimonoxyd-Kali.

Spießglanzsafran, Crocus Antimonii; Stibium oxydatum fuscum. Dieses Präparat, von dem schon oben verschiedentlich die Rede war, ist eine Verbindung von Schwefelantimon mit Antimonoxyd, gemengt mit mehr oder weniger Antimonoxyd und Antimonoxyd-Kali. Man erhält es, indem man eine der verschiedenen Spießglanzlebern mit Wasser auszieht, wobei das Sulfantimoniit mit mehr oder weniger Schwefelantimon und das schwefelsaure Kali in Lösung gehen, während der Safran als gelbbraunes Pulver zurückbleibt.

Fünffach-Schwefelantimon SbS_5. Goldschwefel, Sulphur stibiatum aurantiacum.

Bildung und Darstellung. Das Fünffach-Schwefelantimon bildet sich, wenn ein lösliches antimonsaures Salz oder Fünffach-Chlorantimon (unter Zusatz von Weinsäure in Wasser gelöst) durch Schwefelwasserstoff zersetzt wird. Zur Darstellung scheidet man das Fünffach-Schwefelantimon durch Zusatz verdünnter Säuren aus den Alkali-Schwefeldoppelsalzen, den Sulfantimoniaten ab. Zur Darstellung des Goldschwefels sind eine Menge verschiedener Methoden gegeben worden, die sämmtlich darauf hinausgehen, entweder auf trocknem oder nassem Wege ein lösliches Sulfantimoniat zu bilden. Entweder indem man durch Schmelzen eine Antimonleber bildet und, während die Bestandtheile in Fluß sind, so viel Schwefel hinzufügt, als erforderlich ist, um das Sulfantimoniit der Leber in Sulfantimoniat zu verwandeln. Oder indem man die Antimonleber mit Schwefel kocht. Oder endlich indem man auf ähnliche Weise wie bei der Darstellung des Kermes auf nassem Wege verfährt und dabei den Substanzen so viel Schwefel zusetzt, als erforderlich ist, um alles Dreifach-Schwefelantimon in Fünffach-Schwefelantimon zu verwandeln. Die in Wasser gelöste geschmolzene Masse, oder die Flüssigkeit, welche das Sulfantimoniat enthält, wird dann mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure zersetzt und der niedergefallene Goldschwefel gewaschen, um ihn von den löslichen Salzen zu trennen.

Bei der Bereitung nach diesen Methoden können zweierlei Umstände eintreten: der Goldschwefel kann sehr leicht verunreinigt sein, und zwar entweder durch freien Schwefel oder durch Dreifach-Schwefelantimon. Freier Schwefel wird sich am häufigsten darin finden, er kommt dadurch in das Präparat, daß das Schwefelkalium oder Schwefelnatrium des Sulfantimoniats Schwefel löst und dann, als Mehrfach-Schwefelmetall, bei der Zersetzung mit Säuren Schwefel fallen läßt; das Einfach-Schwefelnatrium des Natriumsulfantimoniats giebt bei der Zersetzung mit Chlorwasserstoffsäure gerade auf Chlornatrium und Schwefelwasserstoff; Fünffach-Schwefelnatrium z. B. läßt aber unter Entweichen von 1 Aeq. Schwefelwasserstoff, 4 Aeq. Schwefel oder Schwefelmilch fallen. Ein mit freiem Schwefel verunreinigter Goldschwefel zeigt eine weit hellere Farbe als das richtig beschaffene Präparat. Der Goldschwefel kann dagegen auch mit amorphem Dreifach-Schwefelantimon verunreinigt sein, und dieses tritt ein, wenn bei der Bereitung nicht Schwefel genug zugesetzt war; es enthält dann die Lösung Sulfantimoniit, welches bei der Zersetzung mit Säure Dreifach-Schwefelantimon fallen läßt. Die Farbe des Goldschwefels wird in letzterem Falle zu dunkel ausfallen. Einen Gehalt an Sulfantimoniit in der Lösung kann man durch Zusatz von doppeltkohlensaurem Natron oder kohlensaurem Ammoniak nachweisen, welche das Sulfantimoniit unter Abscheidung von Dreifach-Schwefelantimon zersetzen, während sie auf das Sulfantimoniat keine Wirkung haben. Außerdem haben diese Methoden noch den Uebelstand, daß die Gesammtmenge des im Antimon enthaltenen Arsens als Fünffach-Schwefelarsen mit in den Niederschlag übergeht. Alle diese Uebelstände werden vermieden, wenn man zur

Darstellung des Goldschwefels nur das krystallisirte Natriumsulfantimoniat, das Schlippe'sche Salz verwendet, welches bei einer durchaus constanten Zusammensetzung leicht arsenfrei erhalten werden kann.

Die verschiedenen Methoden mögen durch einige Beispiele erläutert werden:

1) Nach Berzelius werden 5 Th. Schwefelantimon und 4 Th. kohlensaures Kali zusammengeschmolzen und zu der flüssigen Masse 1 Th. Schwefel in kleinen Stücken unter Umrühren mit einem Pfeifenstiele zugesetzt. Es geht dabei derselbe Vorgang wie bei der Kermesbereitung vor sich, das Dreifach-Schwefelantimon wird aber durch den Schwefel in Fünffach-Schwefelantimon verwandelt. Die ruhig fließende Masse wird ausgegossen, nach dem Erkalten mit Wasser gekocht, filtrirt und durch Schwefelsäure oder Salzsäure gefällt.

2) Nach Buchholz und Trommsdorff werden 6 Th. Schwefelantimon mit 16 Th. schwefelsaurem Kali und 3 Th. Kohle geschmolzen und nach dem Erkalten mit 1 Th. Schwefel gekocht. Durch die Einwirkung der Kohle auf das schwefelsaure Kali wird Einfach-Schwefelkalium gebildet, welches sich mit dem Dreifach-Schwefelantimon zu Kaliumsulfantimoniit verbindet. Durch das Kochen mit Schwefel wird das Kaliumsulfantimoniit in Kaliumsulfantimoniat verwandelt und dieses wird nach der Filtration durch Schwefelsäure zersetzt.

3) Nach Mitscherlich kocht man 72 Th. Schwefelantimon, welches auf dem Steine möglichst fein präparirt sein muß, 13 Th. Schwefel, 48 Th. wasserfreies kohlensaures Natron und 52 Th. Aetzkalk mit Wasser. Der Kalk dient dabei nur dazu, um das kohlensaure Natron ätzend zu machen, indem das Natronhydrat leichter als das kohlensaure Salz auf das Schwefelantimon einwirkt. Bei den angegebenen Verhältnissen treten 8 Aeq. Dreifach-Schwefelantimon, 16 Aeq. Schwefel und 18 Aeq. Natron in Wechselwirkung und bilden 5 Aeq. Natriumsulfantimoniat und 3 Aeq. antimonsaures Natron nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{8\,SbS_3}_{\text{Dreifach-Schwefelantimon.}} + \underbrace{16\,S}_{\text{Schwefel.}} + \underbrace{18\,NaO}_{\text{Natron.}}$$

$$= \underbrace{5\,(3\,NaS.SbS_5)}_{\text{Natriumsulfantimoniat.}} + \underbrace{3\,(NaO.SbO_5)}_{\text{Antimonsaures Natron.}}$$

Oder von dem Natron werden 15 Aeq. durch 15 Aeq. Schwefel in Schwefelnatrium verwandelt. Die 15 Aeq. Sauerstoff des Natrons verbinden sich dabei mit 3 Aeq. Antimon zu 3 Aeq. Antimonsäure, welche theils als unlösliches antimonsaures Natron abgeschieden, theils durch das Kochen mit Kalk in unlöslichen antimonsauren Kalk verwandelt wird, während das Natriumsulfantimoniat in Lösung bleibt. Sollte die Lösung wirklich etwas Antimonsäure enthalten, so wird diese später bei der Zersetzung durch Schwefelsäure durch den sich entwickelnden Schwefelwasserstoff in Fünffach-Schwefelantimon verwandelt. Die Zersetzung des Natriumsulfantimoniats durch Schwefelsäure geschieht nach folgender Gleichung, worin die Schwefelsäure der einfacheren Schreibweise wegen als einbasische Säure betrachtet werden mag:

$$\underbrace{3\,NaS.SbS_5}_{\text{Natriumsulfantimoniat.}} + \underbrace{3\,HO.SO_3}_{\text{Schwefelsäure.}}$$

$$= \underbrace{3\,NaO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{3\,HS}_{\text{Schwefelwasserstoff.}} + \underbrace{SbS_5}_{\text{Fünffach-Schwefelantimon.}}$$

Aus den oben angeführten Gründen ist es am zweckmäßigsten, die nach 3 dargestellte Lösung nicht unmittelbar durch Schwefelsäure zu zersetzen, sondern sie zur Krystallisation zu verdampfen. Es schießt dabei das sogenannte Schlippe'sche Salz oder Natriumsulfantimoniat mit 18 Aeq. Wasser $3\,NaS.SbS_5 + 18\,HO$ in schönen farblosen oder hellgelblich gefärbten großen Tetraedern an. Etwa im Schwefelantimon enthaltenes Dreifach-Schwefelarsen bildet dann Natriumsulfarseniat, welches aber weit löslicher ist und in der Mutterlauge bleibt. Die Krystalle des Schlippe'schen Salzes werden mit wenig kaltem Wasser gewaschen, um die anhängende Mutterlauge zu entfernen.

Bei der Zersetzung des Salzes ist es erforderlich, die Säure rasch mit der Lösung zu vermischen, weil sonst der Goldschwefel nicht seine schöne feurigrothe Farbe erhält, sondern braun und unansehnlich wird. Ebenso ist es erforderlich, daß wenigstens zuletzt ein Ueberschuß von Schwefelsäure vorhanden ist; ist dies nicht der Fall, so wirkt das im Ueberschuß vorhandene Sulfantimoniat auf das Fünffach-Schwefelantimon und beeinträchtigt ebenfalls seine Farbe. Mohr empfiehlt aus diesem Grunde, die Schwefelsäure nicht in die Lösung des Schlippe'schen Salzes zu gießen, sondern umgekehrt die Lösung in die verdünnte Säure. Nach Mohr verdünnt man 3 Th. concentrirte Schwefelsäure mit 100 bis 120 Th. Wasser, löst 10 Th. des Schlippe'schen Salzes in 60 Th. Wasser und gießt letztere Lösung dann in die Säure unter starkem Umrühren.

Beim Arbeiten im großen Maßstabe hat man sich vor dem massenhaft entweichenden Schwefelwasserstoff zu hüten, indem man die Operationen nur im Freien und wo möglich bei starkem Winde ausführt. Die Arbeiter, von denen der eine die Flüssigkeit durch Umrühren in starker Bewegung erhält, während der andere das Zugießen der Salzlösung besorgt, haben sich dann so zu stellen, daß das entweichende Schwefelwasserstoffgas vom Winde nicht ihnen zu-, sondern von ihnen hinweggeführt wird. Trotz dieser Vorsichtsmaßregel kommt doch häufig in Folge des eingeathmeten Gases eine plötzliche Erstickung vor, die aber, wenn rechtzeitig beachtet, durch Uebergießen des Betreffenden mit kaltem Wasser gehoben werden kann.

Zur Zersetzung des Natriumsulfantimoniats kann man ohne Bedenken rohe Schwefelsäure anwenden, nur muß dieselbe frei von Blei und Arsen sein. Da beide aber gewöhnlich in der rohen Säure vorkommen, so muß man sie entfernen, indem man durch die mäßig verdünnte Säure Schwefelwasserstoffgas leitet und nach der Sättigung von dem abgeschiedenen Schwefelblei und Schwe-

felarsen abgießt. Weit einfacher kann man dasselbe aber erreichen, indem man zu der für die Fällung verdünnten Säure anfangs nur eine ganz geringe Menge der Lösung vom Schlippe'schen Salz fügt. Es wird dann in der Säure selbst Schwefelwasserstoff entwickelt und es fällt neben einer geringen Menge von Fünffach-Schwefelantimon die Gesammtmenge des Arsens und Bleies nieder. Diese läßt man am Boden absetzen und zieht dann die klare Säure mit einem Heber in ein anderes Gefäß, worin man dann die Fällung vornimmt. Nachdem die ganze Menge der Lösung des Schlippe'schen Salzes zugesetzt ist, muß die über dem schönrothen Niederschlage stehende Flüssigkeit deutlich sauer reagiren; sollte sie alkalisch sein, so ist durch Zusatz von Schwefelsäure die saure Reaction herzustellen.

Die Farbe des Niederschlages gewinnt bedeutend, wenn man ihn gleich nach der Fällung so weit wie möglich von der anhängenden Flüssigkeit befreit. Man bringt ihn daher rasch auf Spitzbeutel oder auf in Rahmen ausgespannte leinene Tücher, läßt die Flüssigkeit rein ablaufen, rührt ihn dann wieder mit viel Wasser an und wäscht ihn durch Decantation so lange, bis das Waschwasser nicht mehr auf Schwefelsäure, oder wenn man bei der Fällung Salzsäure angewandt hatte, nicht mehr auf diese beim Vermischen mit Chlorbarium resp. salpetersaurem Silber reagirt.

Der rein ausgewaschene Niederschlag wird wieder abfiltrirt und dann getrocknet. Nach dem Trocknen bildet er kleine ziemlich harte Stückchen, die durch Reiben in feines Pulver verwandelt werden müssen. Im Großen erreicht man die nöthige Feinheit des Pulvers am leichtesten in einem Kugelfaß, einer kleinen Tonne, deren Spundloch mit einer Klappe verschlossen ist, und die in einem Gestell so befestigt ist, daß sie mittelst einer Kurbel leicht um ihre Axe gedreht werden kann. Durch die Oeffnung füllt man den trocknen Niederschlag und 10 bis 12 eiserne Kugeln von 2 Pfd. Schwere ein und setzt das Faß durch Drehung der Kurbel in Rotation, wobei die Kugeln die trockne Masse zerreiben und rasch in zartes Pulver verwandeln.

Eigenschaften. Der Goldschwefel ist ein schön orangefarbenes, in Wasser und Weingeist unlösliches Pulver. Beim Erhitzen auf Kohle vor dem Löthrohr verbrennt er mit blauer Schwefelflamme, das zurückbleibende Dreifach-Schwefelantimon zeigt dabei Antimonreaction. Im geschlossenen Rohre erhitzt, giebt er Schwefel ab und wird zu Dreifach-Schwefelantimon. In wäßrigen Alkalien und in Ammoniak ist er löslich, indem sich Sulfantimoniat und antimonsaures Salz bildet. In kohlensauren Alkalien und in kohlensaurem Ammoniak ist er in der Kälte unlöslich; kohlensaures Ammoniak löst Fünffach-Schwefelarsen und kann daher zur Nachweisung von Arsen im Goldschwefel dienen. Beim Kochen mit salpetersaurem Silberoxyd und schwefelsaurem Kupferoxyd färbt er sich schwarz, indem sich Silber- oder Kupfersulfantimoniat und Antimonsäure bilden. An der Luft zersetzt er sich, namentlich im feuchten Zustande rasch, indem sich Schwefelwasserstoff entwickelt und Antimonoxyd sich bildet, letzteres kann durch Kochen mit Weinsäure ausgezogen und nachgewiesen werden.

Schwefelsalze des Antimons. Sowohl das Dreifach-Schwefelantimon wie das Fünffach-Schwefelantimon verbinden sich, wie bereits mehrfach erwähnt ist, mit anderen Schwefelsalzen. Es gehören hierher eine Reihe von Mineralien, von denen die wichtigsten oben erwähnt sind; in denselben ist meistens ein Theil des Antimons durch das ihm isomorphe Arsen vertreten. Im reinen Zustande sind die Verbindungen mit den Schwefelsalzen der Alkali- und Erdmetalle in Wasser löslich und krystallisirbar, die der schweren Metalle in Wasser unlöslich. Man hat zwei verschiedene Classen zu unterscheiden, die Verbindungen des Dreifach-Schwefelantimons, welche man Sulfantimoniite nennt, und die des Fünffach-Schwefelantimons, welche als Sulfantimoniate bezeichnet werden.

Die Sulfantimoniite entsprechen im wasserfreien Zustande der allgemeinen Formel $RS . SbS_3$, worin R ein Metall bezeichnet; die Sulfantimoniate der Formel $3\,RS . SbS_5$. Die letzteren enthalten daher auf dieselbe Menge Antimon dreimal so viel anderes Metall als die ersteren.

Von den Sulfantimoniaten hat das Natriumsalz größeres Interesse, doch ist seine Bereitung bereits beim Goldschwefel beschrieben, so daß es unnöthig sein dürfte, nochmals darauf zurückzukommen.

Die Kalkantimonleber, Calcaria sulfurato-stibiata, erhalten durch Glühen eines Gemenges von Aetzkalk, Dreifach-Schwefelantimon, Schwefel und Kohle oder durch Kochen von Goldschwefel mit Kalkmilch, ist ein Calciumsulfantimoniat, gemischt mit antimonsaurem Kalk und je nach der Bereitungsweise mit mehr oder weniger Calciumsulfantimoniit, Schwefelcalcium und schwefelsaurem Kalk.

Bestimmung und Trennung des Antimons.

Die für technische und speciell für hüttenmännische Zwecke geeigneten Methoden zur Bestimmung des Antimons in Erzen und dergleichen sind bereits oben angegeben worden und kann daher auf S. 586 verwiesen werden. Es bleibt nun noch übrig, die eigentlich analytischen Bestimmungsmethoden anzuführen, und dabei kommen folgende Fälle vor: Antimon ist als Oxyd oder Säure verbunden a) mit Alkalien, b) mit Erden, oder es ist mit den eigentlichen Schwermetallen zu Legirungen oder in Salzform verbunden.

a) Trennung des Antimons von den Alkalien. Wasserfreie antimonsaure Alkalien oder Antimonoxyd-Alkali sind leicht indirect zu analysiren. Die Verbindung wird fein gepulvert, mit ihrem mehrfachen Gewicht Salmiak im Platintiegel geglüht, bis keine weißen Dämpfe mehr entweichen. Das Antimon wird dabei als Chlorantimon verflüchtigt und es bleiben die Alkalien als Chlorverbindungen zurück. Die Menge der Alkalien wird bestimmt und aus der Differenz gegen die Menge der angewandten Substanz der Antimongehalt berechnet.

b) Trennung des Antimons von den Erden. Die oben angeführte Methode der indirecten Bestimmungen kann nur in wenigen Fällen angewandt werden, namentlich nur bei der Analyse von antimonsauren Salzen oder bei Antimonoxyd-Alkali und auch nur dann, wenn man sicher ist, neben der einen Oxydations-

stufe des Antimons nicht auch die andere zu haben. Ganz unverwendbar ist sie aber bei den Erden, weil diese als Chloride beim Glühen einen Theil des Chlors entweichen lasse und als Gemenge von Oxyden und Chloriden zurückbleiben. Man muß deshalb unter allen Umständen das Antimon direct bestimmen. Man löst die Substanz in Salzsäure, verdünnt mit Wasser, wodurch, wenn nicht ein sehr großer Ueberschuß von Säure vorhanden war, ein Theil des Antimons als Antimonsäure oder als Algarothpulver gefällt wird, und leitet dann anhaltend Schwefelwasserstoff ein. Die gefällte Antimonsäure und das Algarothpulver werden durch Schwefelwasserstoff in Fünffach- resp. Dreifach-Schwefelantimon verwandelt und außerdem alles Antimon als Schwefelantimon gefällt.

Man könnte die Abscheidung von Antimonsäure und Algarothpulver vermeiden, wenn man der Flüssigkeit Weinsäure zusetzen wollte; da diese aber bei der späteren Bestimmung der Erden hinderlich sein kann, so ist es zweckmäßiger, die Anwendung der Weinsäure zu unterlassen, da der weiße Niederschlag doch vollständig in Schwefelantimon verwandelt wird.

Die mit Schwefelwasserstoff gesättigte Flüssigkeit läßt man so lange an einem warmen Orte stehen, bis sie nicht mehr nach Schwefelwasserstoff riecht, oder vertreibt den Schwefelwasserstoff durch einen Strom in die Flüssigkeit geleitete Kohlensäure. Es ist erforderlich, die Beseitigung des Schwefelwasserstoffs abzuwarten, weil das Schwefelantimon in schwefelwasserstoffhaltigem Wasser nicht ganz unlöslich ist. Alsdann wird das Schwefelantimon auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, mit Wasser gewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen.

Der getrocknete Niederschlag ist nur in dem einen Falle reines Schwefelantimon, wenn die Flüssigkeit nur Antimonoxyd oder Dreifach-Chlorantimon enthält; sind darin aber Antimonsäure oder irgend eine Substanz enthalten, welche Schwefelwasserstoff zersetzen kann, so ist dem Dreifach-Schwefelantimon immer freier Schwefel beigemischt, und dieses ist in den meisten Fällen, wo das Antimon durch Schwefelwasserstoff abgeschieden wird, der Fall. Außerdem enthält das bei 100° getrocknete Schwefelantimon immer einige Procent Hydratwasser, die erst bei höherer Temperatur entweichen. Man muß daher unter allen Umständen den Niederschlag weiter untersuchen. Zu dem Zwecke wird der Niederschlag möglichst sorgfältig vom Filter genommen, jedoch so, daß ihm keine Spur organischer Substanz anhängt, in ein Porzellanschiffchen gebracht und darin gewogen. Dieses Schiffchen schiebt man in ein weiteres Glasrohr, ein böhmisches Verbrennungsrohr, welches mit einem Apparate zur Entwicklung von Kohlensäure verbunden ist. Nachdem das Rohr mit trocknem Kohlensäuregas gefüllt ist, erhitzt man es unter beständigem Zuleiten von Kohlensäure bis zum gelinden Glühen.

Der freie Schwefel und das Wasser entweichen dabei und es bleibt reines Dreifach-Schwefelantimon zurück. Dieses läßt man in der Kohlensäure erkalten, wägt und berechnet nach der Gewichtsdifferenz vor und nach dem Glühen die ganze Menge des Niederschlages auf Dreifach-Schwefelantimon und darnach auf Antimonmetall.

Nach Rose bringt man einen gewogenen Theil des Niederschlages in ein Kugelrohr oder in einen Porzellantiegel, durch dessen Deckel ein Porzellan- oder Platinrohr geht, und glüht den Niederschlag anfangs gelinde, später stärker im Wasserstoffstrome. Der überschüssige Schwefel verdampft dabei und das Schwefelantimon wird zersetzt, indem der Schwefel als Schwefelwasserstoff entweicht und metallisches Antimon zurückbleibt. Es dienen dazu die in Fig. 138 u. 139 dargestellten Apparate.

In ersterer ist *a* eine Flasche, worin granulirtes Zink und Wasser enthalten ist, durch das Trichterrohr *b* wird Schwefelsäure in kleinen Portionen zugegeben, um eine gleichmäßige Gasentwicklung zu erzielen; in den Kugeln *cc* sammelt sich die durch den Gasstrom fortgerissene Flüssigkeit und das mit Chlorcalcium gefüllte Rohr *d* dient zur Entwässerung des Wasserstoffgases.

Fig. 138.

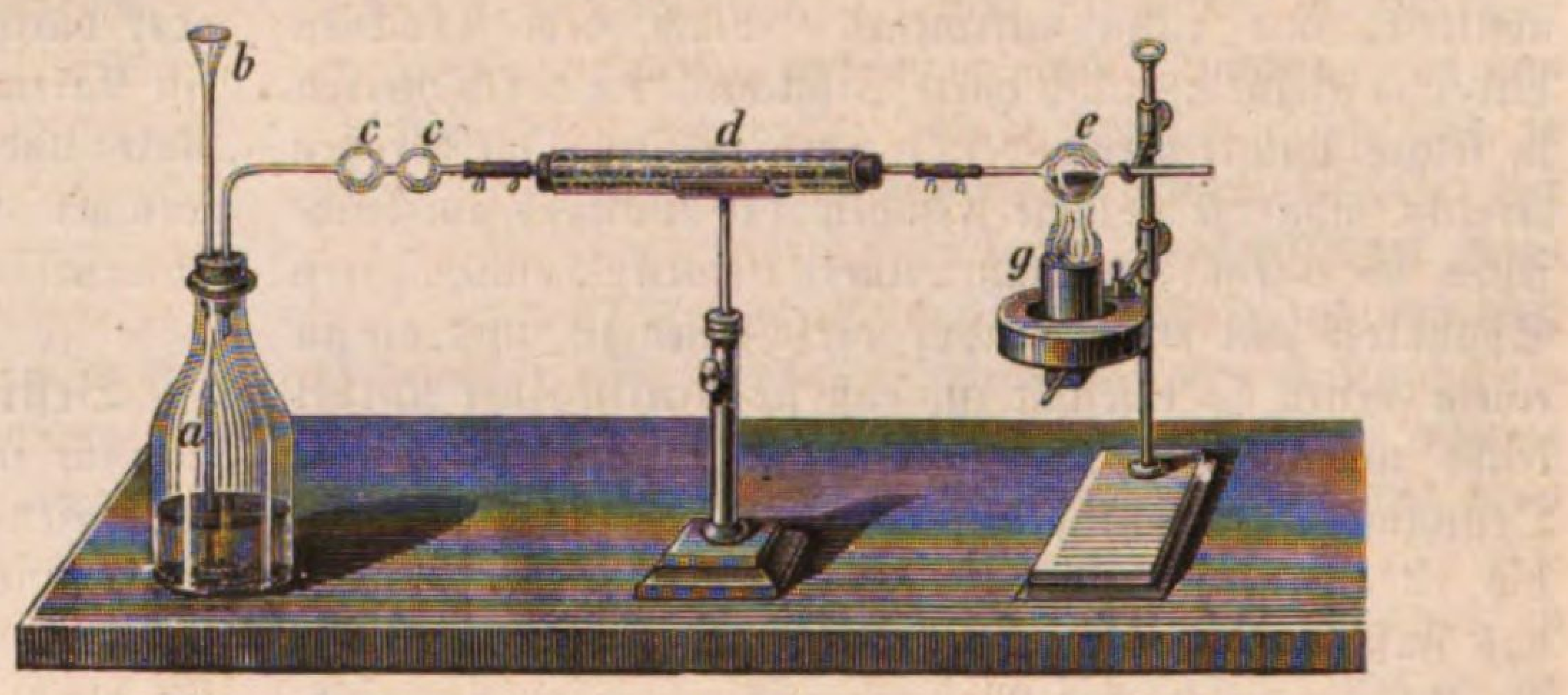
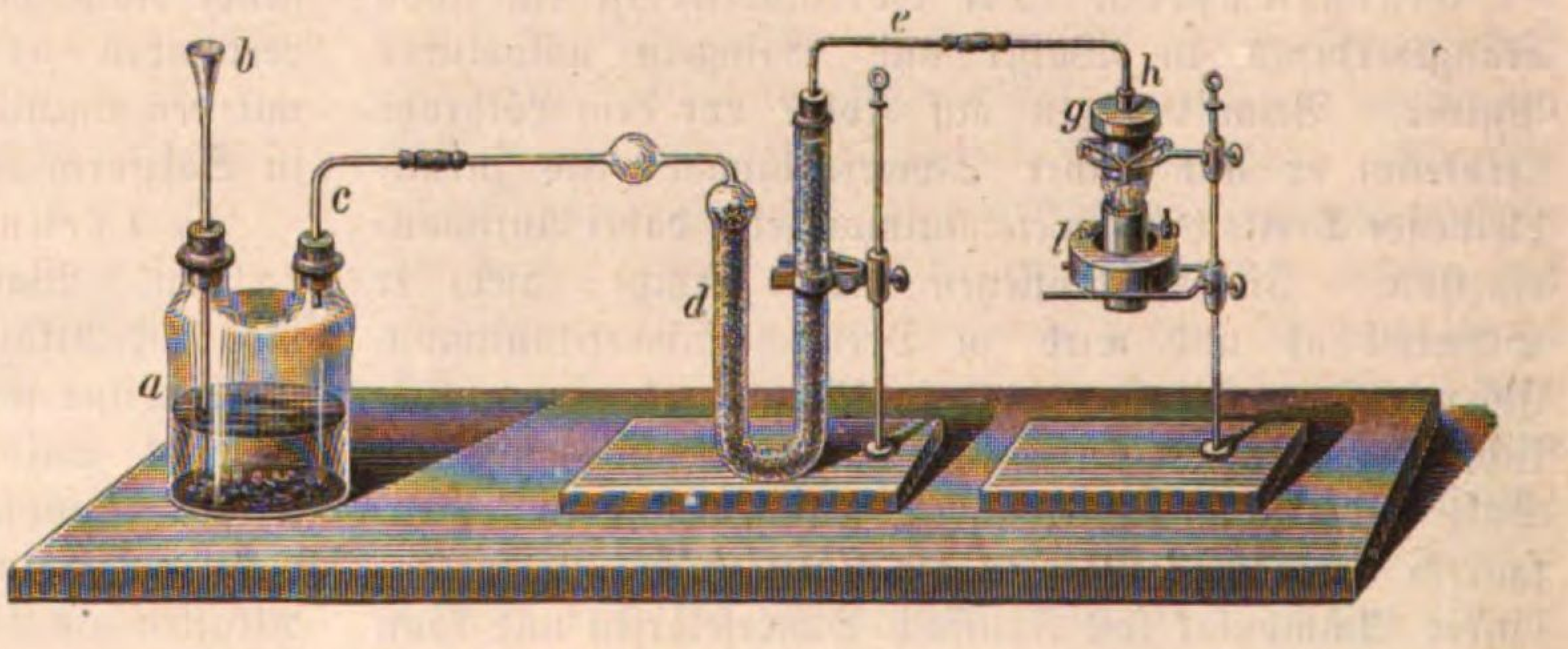


Fig 139.



In die gewogene Kugelröhre *e* wird der Niederschlag gebracht, die Enden des Rohres werden mit einer Federfahne sorgfältig gereinigt und die Gesammtmenge des Niederschlages so weit als irgend thunlich ist in die Kugel geschoben; darauf wägt man das Rohr wieder, um zu bestimmen, wie viel von dem Niederschlage zur Untersuchung verwandt ist. Nachdem der ganze Apparat mit Wasserstoffgas gefüllt ist, erhitzt man zunächst gelinde durch die Lampe *g*, damit das Schwefelantimon nicht

zum Schmelzen komme, weil es sonst schwierig zersetzt wird; nach und nach steigert man die Hitze, zuletzt zum Rothglühen. Nachdem keine Spur von Schwefelwasserstoff mehr entwickelt wird, läßt man im Wasserstoffstrome erkalten und wägt das in der Kugel enthaltene reine Antimon. Im Anfange der Operation condensirt sich leicht eine geringe Menge von Schwefel an den kälteren Theilen des Rohres; sollte diese zuletzt nicht verflüchtigt sein, so treibt man den Schwefel im Wasserstoffstrome durch Annäherung der Lampe fort.

Der Apparat Fig. 139 unterscheidet sich im Wesentlichen vom vorigen nur dadurch, daß statt der Kugelröhre der Porzellantiegel *g* angewandt wird, durch dessen Deckel das Rohr *h* den im Apparate *abc* entwickelten und im Chlorcalciumrohre *d* getrockneten Wasserstoff zuleitet. In dem mit seinem Deckel gewogenen Tiegel wird der Niederschlag abgewogen und schließlich das metallische Antimon im Tiegel gewogen. Gewöhnlich sublimirt bei der Zersetzung etwas Antimon an dem Tiegeldeckel; aus diesem Grunde ist es erforderlich, Tiegel und Deckel zu wägen.

Absolute Genauigkeit ist mit dieser Methode nicht zu erreichen, da immer ein geringer Theil des Antimons verdampft. Bei sehr vorsichtigem Arbeiten fallen die Resultate aus diesem Grunde um $^1/_2$ Proc. zu gering aus, es können jedoch Differenzen von ein bis zwei Procent vorkommen.

Man hat auch in dem Niederschlage das Antimon indirect bestimmt, indem man den getrockneten Niederschlag mit concentrirter Salpetersäure behandelt, um den Schwefel in Schwefelsäure zu verwandeln. Diese wird dann, nachdem genügend Weinsäure zugesetzt ist, um alle Antimonsäure in Lösung zu erhalten, durch Chlorbarium gefällt und der schwefelsaure Baryt gewogen. Mit dem schwefelsauren Baryt fällt gewöhnlich etwas weinsaurer Baryt nieder, der sich beim Glühen in kohlensauren Baryt verwandelt. Das Gemenge wird deshalb mit verdünnter Säure digerirt, um den kohlensauren Baryt zu lösen, der schwefelsaure Baryt von Neuem gewaschen und dann erst gewogen.

Zur Oxydation des Schwefelbariums darf man nur höchst concentrirte Salpetersäure anwenden, weil verdünnte eine geringe Menge von Schwefelwasserstoff freimachen würde, so daß die Resultate zu niedrig ausfallen würden. Aber bei Salpetersäure von 1,42 spec. Gew. ereignet es sich leicht, daß ein Theil des Schwefels als solcher abgeschieden wird und zu Tröpfchen zusammenschmilzt. Diese werden dann auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, gewaschen, bei 100° getrocknet, gewogen und ihr Gewicht dem aus dem schwefelsauren Baryt berechneten Schwefel hinzu addirt.

Aber auch diese Methode gewährt keine absolut exacten Resultate, da das bei 100° getrocknete Dreifach-Schwefelantimon immer noch Wasser zurückhält und also, wenn auch die Menge des Schwefels im Niederschlage bestimmt ist, doch noch nicht mit Sicherheit auf den Antimongehalt geschlossen werden kann.

Am schärfsten bestimmt man immer das Antimon in den Schwefelniederschlägen, in welcher Form es fast stets in der Analyse erhalten wird, als antimonsaures Antimonoxyd SbO_4 oder $SbO_3 . SbO_5$. Man verwandelt das Gemenge, nach Bunsen, am leichtesten in dieses, indem man es mit rauchender Salpetersäure behandelt.

Wird Schwefelantimon mit der acht- bis zehnfachen Menge einer solchen Säure in einem gewogenen, mit concavem Deckel versehenen Porzellantiegel übergossen, so scheidet sich der Schwefel als ein feinzertheiltes Pulver aus, das sich leicht und vollständig oxydirt, wenn man die Säure allmälig im Wasserbade verdunsten läßt. Die im Tiegel zurückbleibende weiße Masse, welche aus Antimonsäure und Schwefelsäure besteht, läßt sich ohne Verlust durch Glühen in reines antimonsaures Antimonoxyd verwandeln. Ist dem zu oxydirenden Niederschlage ein großer Ueberschuß von freiem Schwefel beigemengt, so entfernt man denselben zuvor durch Auswaschen des getrockneten Filters mit Schwefelkohlenstoff nach dem weiter unten ausführlicher angegebenen Verfahren. Da sich Niederschläge von Schwefelantimon mit oder ohne freien Schwefel leicht bei dem Betropfen mit rauchender Salpetersäure entzünden, so ist es rathsam, die Masse vor dem Zusatz der rauchenden Säure mit nur 4 bis 5 Tropfen Salpetersäure von 1,42 spec. Gew. zu benetzen. Fast bequemer noch als nach dieser Methode gelingt die Oxydation des Schwefelantimons durch einfaches Glühen desselben mit Quecksilberoxyd. Erhitzt man fein pulverisirtes Schwefelantimon mit der zu seiner Oxydation gerade hinreichenden Menge Quecksilberoxyd, so tritt zwar eine lebhafte Verpuffung ein, bei der die Masse umhergeschleudert wird. Wendet man aber im Verhältniß zum Schwefelmetall die dreißig- bis funfzigfache Menge von dem Oxydationsmittel an, so erfolgt die Verbrennung ruhig und ohne Verlust. Man erhitzt das Gemenge zu diesem Zweck allmälig in einem offenen Porzellantiegel und mäßigt die Temperatur, sobald die Oxydation beginnt, was man an einer plötzlich eintretenden Entwicklung grauer Quecksilber-Dampfwolken erkennt. Sobald diese nachlassen, kann man die Temperatur beliebig steigern und den Tiegel ohne Aufsicht sich selbst überlassen, vorausgesetzt, daß die Lampe zuvor so eingestellt ist, daß keine reducirenden Flammengase in denselben gelangen können. Um die letzten Spuren von Quecksilberoxyd zu entfernen, welche mit der Antimonsäure verbunden sind und daher hartnäckiger zurückgehalten werden, erhitzt man den Tiegel noch eine Zeit lang über der Glasbläserlampe, bis er nicht mehr an Gewicht abnimmt. Das antimonsaure Antimonoxyd bleibt dann als ein zartes, weißes, nicht im mindesten an den Tiegelwänden haftendes Pulver zurück. Uebrigens hinterläßt selbst mit der größten Sorgfalt dargestelltes Quecksilberoxyd*) stets bei der Verflüchtigung einen kleinen Rückstand, den man ein- für allemal bestimmen und von dem gefundenen antimonsauren Antimonoxyd in Abrechnung bringen muß. Da dieser Rückstand selten mehr als einige Tausendtel beträgt,

*) Man bereitet dasselbe am leichtesten durch Fällen einer erhitzten Sublimatlösung mit einem Ueberschuß von kaustischem Kali. Das so erhaltene gelbe Oxyd läßt sich mit kochendem Wasser leicht durch Decantation auswaschen.

so braucht das zur Oxydation verwandte Quecksilberoxyd nur annähernd genau gewogen zu werden. In einem Porzellantiegel erfolgt die Verflüchtigung des Quecksilberoxyds so langsam, daß es weit zweckmäßiger ist, sich eines Platintiegels zu bedienen, den man, um ihn vor der Einwirkung des Schwefelantimons zu schützen, mit Quecksilberoxyd ausfüttert. Eine solche Ausfütterung, die es möglich macht, selbst metallisches Antimon in einem Platingefäße zu glühen, wird auf folgende Weise bewerkstelligt: Man erweicht das verschlossene Ende eines gewöhnlichen Probirrohrs vor der Glasbläserlampe, bringt dasselbe noch weich in den Mittelpunkt des zu den Oxydationen bestimmten Platintiegels und bläst es zu einem kleinen Kolben aus, der unter diesen Umständen genau die Form der inneren Höhlung des Tiegels annimmt. Indem man den Boden dieses Kölbchens absprengt und den dabei entstehenden scharfen Rand vorsichtig glatt schmilzt, erhält man eine hohle, oben und unten offene Patrize, für welche der Hohlraum des Tiegels eine genau passende Matrize bildet. Um mit Hülfe dieses kleinen Instruments die Ausfütterung herzustellen, bohrt man dasselbe in den zuvor bis an den Rand mit trocknem Quecksilberoxyd locker angefüllten Tiegel ein, indem man das in den Hohlraum der Patrize eindringende Quecksilberoxyd von Zeit zu Zeit ausschüttet. Die innere Wand des Tiegels wird dadurch mit einer $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie dicken Schicht Quecksilberoxyd ausgekleidet, die nach Entfernung der Patrize hinlänglich fest bleibt, um selbst beim Glühen sich längere Zeit zu erhalten. Bringt man die zu oxydirende, innig mit Quecksilberoxyd gemengte Masse in den auf diese Art vorgerichteten Tiegel, so läßt sich die Oxydation in einer drei- bis viermal kürzeren Zeit, als in einem Porzellantiegel, ausführen, ohne daß das Platin erheblich angegriffen wird.

Enthält das Schwefelantimon freien Schwefel beigemengt, so muß dieser vor der Oxydation durch Schwefelkohlenstoff entfernt werden, weil durch denselben selbst in einem großen Ueberschuß von Quecksilberoxyd eine schwache Verpuffung bewirkt wird, die einen Verlust verursachen würde. Dieses Auswaschen mit Schwefelkohlenstoff geschieht am einfachsten auf folgende Weise: Man stellt den Trichter, der das Filter mit dem scharf getrockneten schwefelhaltigen Schwefelantimon enthält, auf ein gewöhnliches Probirglas und übergießt den Niederschlag vom Rande des Filters aus mit 10 bis 12 Grm. Schwefelkohlenstoff. Die Flüssigkeit, welche in ein Paar Secunden durchgelaufen ist, wird 8 bis 10 Mal auf das Filter zurückgegossen, indem man den Trichter abwechselnd von einem auf ein anderes Probirglas setzt. Um denselben schwefelhaltigen Schwefelkohlenstoff zur 4- bis 5maligen Wiederholung derselben Operation benutzen zu können, destillirt man ihn durch ein auf das Probirglas gestecktes Entwicklungsrohr in ein anderes, mit kaltem Wasser umgebenes Probirglas über, indem man das den Schwefelkohlenstoff enthaltende Röhrchen in ein mit heißem Wasser gefülltes Becherglas taucht. Es bleibt nach beendigter Destillation ein kleiner schwefelkohlenstoffhaltiger Schwefeltropfen zurück, der bei dem Ausgießen erstarrt. Beträgt der aus diesem Tropfen erstarrende Schwefel nur noch wenig, so ist es unnöthig, das Extrahiren noch weiter fortzusetzen. Mit 10 bis 15 Grm. Schwefelkohlenstoff läßt sich der Niederschlag auf diese Weise in wenigen Minuten hinlänglich von Schwefel befreien, um mit Quecksilberoxyd geglüht werden zu können. (Bunsen.)

c) Trennung des Antimons von den Schwermetallen. Antimon wird aus saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff gefällt, der Niederschlag aber durch Schwefelammonium wieder gelöst. Man kann daher durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in die saure Lösung das Antimon zunächst von Eisen, Mangan, Zink, Kobalt, Nickel, Uran trennen, welche gelöst bleiben.

Den Niederschlag digerirt man mit Schwefelammonium, in welchem Schwefel gelöst ist, oder erwärmt ihn mit Mehrfach-Schwefelkalium. Dabei bleibt Blei, Wismuth, Kupfer, Kadmium, Silber, Quecksilber ungelöst, während Antimon, Arsen, Zinn, Gold, Platin in Lösung gehen. Auf diese Weise kann man die Bestandtheile einer Substanz, welche alle Metalle enthält, in drei große Gruppen zerlegen und in jeder einzelnen die Bestandtheile bestimmen. Uns interessirt hier nur die Gruppe der in Schwefelammonium löslichen Metalle, deren Trennung von einander angegeben werden soll.

In vielen Fällen ist es am bequemsten, unmittelbar die Antimongruppe auszuziehen, man löst dann die Verbindung in Salzsäure, erforderlichen Falls unter Zusatz von Salpetersäure, versetzt mit Ammoniak bis zur alkalischen Reaction und digerirt dann mit gelbem Schwefelammonium oder Schwefelkalium, um die Antimongruppe zu lösen, alle anderen Metalle aber abzuscheiden. Hat man eine Verbindung, in der das Antimon bedeutend vorwiegend ist, z. B. rohes Schwefelantimon, so kann man unmittelbar die feingepulverte Substanz mit Schwefelkalium und Schwefel digeriren, wobei Lösung erfolgt und die unlöslichen Schwefelmetalle zurückbleiben.

Man verdünnt dann mit Wasser, filtrirt rasch ab, wäscht den Niederschlag mit schwefelammoniumhaltigem Wasser aus und versetzt das Filtrat mit Essigsäure, bis es deutlich sauer reagirt. Es werden dadurch die Schwefelverbindungen der Antimongruppe abgeschieden.

Dieser Niederschlag kann bei Anwesenheit von Antimon nun enthalten: α) nur Antimon, β) Antimon und Arsen, γ) Antimon und Zinn, δ) Antimon, Arsen und Zinn, ε) Antimon, Arsen, Zinn, Gold und Platin.

α) Es ist nur Antimon zugegen; man verfährt dann mit dem Schwefelniederschlage, der immer vielen freien Schwefel beigemengt hält, nach der Bunsen'schen Methode, indem man ihn nach der Extraction mit Schwefelkohlenstoff, durch Salpetersäure oder Quecksilberoxyd in antimonsaures Antimonoxyd verwandelt.

β) Antimon und Arsen. Auch für die Trennung dieser beiden Körper hat Bunsen eine vortreffliche Methode angegeben. Sie gründet sich auf ein eigenthümliches Verhalten, welches das Schwefelarsen gegen eine Lösung von saurem schwefligsaurem Natron zeigt. Digerirt man nämlich frisch gefälltes Schwefelarsen mit diesem Salz und schwefliger Säure, so wird der Niederschlag gelöst. Steigert man die Erhitzung bis zum Kochen, so trübt sich die Flüssigkeit von ausgeschiedenem Schwefel, der sich aber bei längerem Kochen zum Theil wieder löst. Die Flüssigkeit enthält dann,

nachdem durch anhaltendes Kochen alle schweflige Säure verjagt ist, arsenigsaures und unterschwefligsaures Natron, nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{2\,AsS_3}_{\text{Dreifach-Schwefelarsen.}} + \underbrace{8\,NaO.SO_2}_{\text{Schwefligsaures Natron.}} + \underbrace{8\,SO_2}_{\text{Schweflige Säure.}}$$

$$= 2\,\underbrace{NaO.AsO_3}_{\text{Arsenigsaures Natron.}} + 6\,\underbrace{NaO.S_2O_2}_{\text{Unterschwefligsaures Natron.}} + \underbrace{7\,SO_2}_{\text{Schweflige Säure.}} + \underbrace{3\,S}_{\text{Schwefel.}}$$

Schwefelantimon und Schwefelzinn zeigen diese Reaction nicht. Beide können daher leicht vom Arsen auf diese Weise getrennt werden. Die Lösung von Schwefelantimon und Schwefelarsen in Schwefelammonium oder in Schwefelkalium wird mit schwefliger Säure gesättigt, bis ein deutlicher Ueberschuß davon vorhanden ist. Die Schwefelmetalle werden zunächst beide ausgeschieden und einige Zeit im Wasserbade in der Flüssigkeit digerirt. Darauf kocht man so lange, bis ungefähr zwei Drittel des Wassers verdampft ist und der entweichende Dampf durchaus nicht mehr nach schwefliger Säure riecht. Das zurückbleibende Schwefelantimon ist ganz arsenfrei, es wird abfiltrirt, gewaschen, bei 100° getrocknet und dann in antimonsaures Antimonoxyd verwandelt. Aus dem Filtrat wird das Arsen leicht und vollständig durch Schwefelwasserstoff gefällt.

γ) Antimon und Zinn. Hat man die Metalle als Schwefelverbindungen oder als Legirung, so behandelt man sie bis zur vollständigen Oxydation mit rauchender Salpetersäure. Freier Schwefel ist zweckmäßig vorher mit Schwefelkohlenstoff zu extrahiren. Die im Wasserbade getrocknete Masse wird in einen silbernen Tiegel gebracht, das Gefäß, worin die Oxydation vorgenommen wurde, mit etwas concentrirter Natronlauge, die frei von Kali sein muß, ausgewaschen und diese Flüssigkeit mit der trocknen Masse im Silbertiegel eingetrocknet. Man giebt dann einen größeren Ueberschuß von reinem Natronhydrat zu und erhitzt bis zum lebhaften Glühen.

Die erkaltete Masse wird mit Wasser behandelt, worin sich zinnsaures Natron löst, während antimonsaures Natron zurückbleibt. Nachdem sich dieses als lockeres weißes Pulver abgeschieden hat, giebt man ein Drittel des Volums der Flüssigkeit Weingeist von 0,833 spec. Gew. hinzu, filtrirt und wäscht zuerst mit verdünntem, zuletzt mit starkem Weingeist aus. Das antimonsaure Natron wird in Salzsäure unter Zusatz von etwas Weinsäure gelöst, das Antimon durch Schwefelwasserstoff gefällt und das Schwefelantimon in antimonsaures Antimonoxyd verwandelt.

Die stark alkalische Lösung, welche das Zinn enthält, wird mit Salzsäure übersättigt und Schwefelzinn durch Schwefelwasserstoff daraus gefällt.

δ) Antimon, Zinn und Arsen. Man kann die Trennung auf verschiedene Weise bewirken, 1) indem man das Arsen zuerst durch Behandlung mit schwefliger Säure entfernt und dann Antimon und Zinn nach γ trennt, oder 2) indem man das Antimon nach γ als antimonsaures Natron abscheidet, und dann aus der alkalischen Lösung, welche alles arsensaure und zinnsaure Natron enthält, zuerst durch Zusatz von Säure arsensaures Zinnoxyd fällt und dieses gleich in der Flüssigkeit durch Schwefelwasserstoff in Schwefelarsen und Schwefelzinn verwandelt. Das Schwefelarsen und Schwefelzinn werden dann in Schwefelkalium gelöst und die Flüssigkeit nach Bunsen's Methode mit schwefliger Säure behandelt, wobei sich alles Arsen löst, während Schwefelzinn ungelöst bleibt. Bei dem Auswaschen des Schwefelzinns müssen besondere Vorsichtsmaßregeln angewandt werden. Wäscht man nämlich Zweifach-Schwefelzinn mit reinem Wasser, so läuft die Flüssigkeit stets trübe durch das Filter und verstopft die Poren desselben. Man vermeidet diesen Uebelstand nach Bunsen dadurch, daß man den Niederschlag mit concentrirter Kochsalzlösung vollständig auswäscht und darauf das Kochsalz durch Auswaschen mit einer Lösung von essigsaurem Ammoniak, die etwas freie Essigsäure enthält, entfernt. Man würde zwar durch die letztere Flüssigkeit allein, ohne Kochsalzlösung, denselben Zweck erreichen, allein aus einer neutralen oder selbst sauren Lösung von essigsaurem Ammoniak kann das Arsen nicht mehr vollständig durch Schwefelwasserstoff gefällt werden, weil das essigsaure Ammoniak, selbst in saurer Lösung, durch Schwefelwasserstoff theilweis in Schwefelammonium verwandelt wird, welches einen Theil des gefällten Schwefelarsens wieder lösen würde. Man darf daher auch die beim Auswaschen der Kochsalzlösung ablaufende Flüssigkeit nie der arsenhaltigen Lösung beifügen.

Das in dem Niederschlage zurückbleibende essigsaure Ammoniak verdunstet beim Trocknen vollständig, so daß man auf dem Filter reines Zweifach-Schwefelzinn zurück behält, welches durch Glühen an der Luft in Zinnsäure SnO_2 verwandelt wird und als solche gewogen werden kann.

ε) Antimon, Arsen, Zinn, Gold und Platin. Das Vorkommen aller dieser Metalle neben einander dürfte wohl selten eintreten. Man analysirt einen solchen Körper, indem man die Substanz in eine Kugelröhre bringt, deren eines Rohr mit einem Chlorentwicklungsapparat in Verbindung steht, während das andere abwärts gebogene Rohr in ein Fläschchen taucht, welches mit weinsäurehaltiger verdünnter Salzsäure gefüllt ist. Füllt man den Apparat mit Chlorgas und erhitzt die Kugel, so werden Antimon, Arsen, Zinn als Chloride verflüchtigt, Gold und Platin bleiben als nicht flüchtige Chloride in der Kugel zurück. Nach vollendeter Zersetzung schneidet man das Rohr, in welchem noch eine geringe Menge Antimon-, Arsen- oder Zinnchlorid enthalten sein könnte, nahe an der Kugel ab, spült mit weinsäurehaltiger Salzsäure den Inhalt zu der übrigen Flüssigkeit und fällt darin die drei Metalle durch Schwefelwasserstoff.

Das in der Kugel vorhandene Platin- und Goldchlorid wird in Wasser, nöthigenfalls unter Zusatz von Salzsäure und Salpetersäure, gelöst, das Platin zunächst als Kaliumplatinchlorid, das Gold dann im Filtrat durch Eisenvitriol als Metall gefällt.

Stohmann.

Arsenik.

As. Atomgewicht 75,0.

Arsenik (Arsen). — Geschichtliches. Die im Alterthum zuerst bekannten Verbindungen des Arseniks waren die mit Schwefel, und zwar das rothe und gelbe Schwefelarsenik, welche schon Aristoteles unter dem Ausdruck *σανδαράχη* und dessen Schüler Theophrastos als *ἀῤῥενικόν* oder *ἀρσενικόν* erwähnt. Ausführliche Berichte giebt aber erst Dioskorides über diese Verbindungen, welche von den Alten in der Heilkunde und in der Malerkunst benutzt wurden.

Dieser Schriftsteller erwähnt auch, daß man durch Rösten des Arseniks (respective der obigen Arsenikverbindungen) einen ganz neuen Körper erhalte, führt aber nichts, wie auch ebensowenig Plinius, über die giftigen Eigenschaften des neuentstandenen Körpers an, sondern erst Geber (im 8ten Jahrhundert n. Chr. Geb.) spricht vom weißen Arsenik, welchen er durch Verbrennen des Schwefelarseniks erhalten zu haben scheint. Als einfacher Körper wurde das regulinische Arsen im Jahre 1733 von Brandt erkannt; in regulinischer Form wurde es zuerst von Lemery 1675 dargestellt, später lehrte es Henkel (1725) durch Sublimation bereiten.

Weitere Untersuchungen über die Eigenschaften des auf diese Weise erhaltenen Metalls stellten dann Macquer (1746), Monnet 1773, Scheele 1775 und Bergmann 1777 an.

Das Arsen oder Arsenik findet sich namentlich im Mineralreiche, theils im metallischen Zustande und theils in Verbindung mit Sauerstoff, Schwefel und mit anderen Körpern.

Vorkommen des Arsens. Zur Darstellung der Arsenikalien (gediegen Arsen, arsenige Säure, rothes und gelbes Schwefelarsen, arsensaures Kali) dienen hauptsächlich nachstehende Erze:

1) Gediegen Arsen, Scherbenkobalt, Fliegenstein, Näpfchenkobalt, krystallisirt hexagonal, mit rhomboedrischem Typus, aber selten, meist feinkörnige bis dichte kugelige, nierenförmige oder traubige, oft krummschalige Massen; spec. Gew. 5,7 bis 5,8; Härte 3,5; spröde, mit unebenem und feinkörnigem Bruche, metallisch glänzend, aber an der Luft die weißlich bleigraue Farbe durch eine graulich schwarze Anlauffarbe schnell verlierend; entwickelt beim Zerschlagen Knoblauchgeruch; enthält zuweilen mehr oder weniger Eisen, Kobalt, Nickel, Antimon und Silber. Vor dem Löthrohr auf Kohle unter Entwicklung von Knoblauchgeruch stark dampfend, die Kohle in großer Entfernung von der Probe weiß beschlagend und häufig einen Rückstand hinterlassend, welcher mit Glasflüssen auf die oben genannten Metalle reagiren kann. Der Beschlag auf Kohle ist sehr flüchtig und verschwindet beim heftigen Daraufblasen mit der Reductionsflamme mit schwachem hellblauen Schein. In der offenen Glasröhre erhitzt, verflüchtigt sich arsenige Säure als deutlich krystallinisches weißes Sublimat, welches beim Erhitzen leicht von seiner Stelle getrieben werden kann. In der einseitig geschlossenen Glasröhre giebt Arsen ein schwarzes Sublimat, welches bei größerer Menge Metallglanz zeigt (Arsenspiegel). In Salzsäure und Königswasser ist es auflöslich.

Von ähnlichen Mineralien unterscheidet sich der Scherbenkobalt durch das schnelle Schwarzanlaufen, namentlich an frisch angeschlagenen Stellen, von dem ebenfalls schwarz anlaufenden Silberglanz, sowie von Magneteisen, Eisenglanz, Chromeisenstein, Kupferglanz, Wolfram, Speis- und Glanzkobalt und Fahlerz durch die Flüchtigkeit und den Arsengeruch.

Das gediegene Arsen kommt besonders auf Gängen, vorzüglich im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge in untergeordneten Mengen in Begleitung von Silber-, Blei-, Kobalt- und Nickelerzen vor, z. B. zu Andreasberg am Harze; zu Annaberg, Schneeberg, Marienberg und Freiberg in Sachsen; zu Joachimsthal in Böhmen; zu Kapnik in Siebenbürgen; zu Orawitza im Banat; zu Allemont in der Dauphiné; zu Kongsberg in Norwegen ꝛc. — Im Joachimsthaler Arsenik fand John 2 bis 3 Proc. Antimon und 1 Proc. Eisenoxyd und Wasser, im gediegen Arsen von der Grube Palmbaum bei Marienberg Schultz 7,97 Proc. Antimon.

Das gediegen Arsen geht entweder als Fliegenstein bei hinreichender Reinheit in den Handel, oder wird zuvor sublimirt. Sind Silbererze in größerer Menge eingesprengt, so wird dasselbe abgeröstet und arsenige Säure als Nebenproduct daraus gewonnen (Andreasberg).

2) Arsenkies, Mißpickel, Giftkies, $FeAs_2 + FeS_2$ mit 33,57 Eisen, 46,53 Arsen und 19,90 Schwefel, nach Rammelsberg $FeS_2 + FeAs$ oder, wenn man FeS_2 mit $FeAs$ als isomorph annimmt $= Fe(As, S_2)$ mit 34,32 Eisen, 46,08 Arsen und 19,60 Schwefel. Krystallisirt orthorhombisch, Krystalle meist kurz säulenförmig, auch gestrickt, derb krystallinisch, körnig oder stänglig, eingesprengt. Spec. Gew. 6 bis 6,2; Härte 5,5 bis 6, spröde, Bruch uneben, silberweiß bis lichtstahlgrau, Strich schwarz. Giebt in der geschlossenen Glasröhre zuerst ein rothes oder braunes Sublimat von Schwefelarsen, dann ein schwarzes, glänzendes, krystallinisches von metallischem Arsen. Auf Kohle schmilzt er unter Entwicklung von starkem Arsenrauch und Geruch, die Kohle weiß beschlagend, zu einer magnetischen Kugel. In der offenen Glasröhre bilden sich je nach der angewandten Temperatur Sublimate von arseniger Säure oder von Arsensuboxyd und metallischem Arsen neben schwefliger Säure. Salpetersäure zersetzt ihn unter Abscheidung von Schwefel und arseniger Säure, Königswasser unter Abscheidung des ersteren, wenn man nicht lange genug erhitzt. Unterscheidet sich von ähnlichen

Mineralien im derben Zustande durch den Arsengeruch beim Zerschlagen und vor dem Löthrohr von Speiskobalt und Nickelglanz durch das magnetische Korn auf Kohle; Antimonsilber giebt auf Kohle ein Silberkorn, während Arsenkies zu einer schwarzen Kugel schmilzt und ein größeres specifisches Gewicht hat. Zuweilen ist der Arsenkies goldhaltig (Goldkronach).

Der Arsenkies findet sich hauptsächlich auf Lagern und Gängen im krystallinischen Schiefergebirge, dann im Kohlengebirge, in der Zechsteinformation, auch im Syenit und Serpentin in Begleitung von mannigfaltigen Erzen und anderen Lager- und Gangfossilien, z. B. auf den meisten Zinnerzlagerstätten des Erzgebirges in Sachsen und Böhmen; in Schlesien bei Altenberg mit Schwefelkies, Kupferkies, Blende, Bleiglanz, Fahlerz und Antimonglanz auf einer gangartigen Lagerstätte an der Scheide von Thonschiefer und Porphyr, bei Rothzechau unfern Schmiedeberg auf einem Lager im Glimmerschiefer, der Scheide des Granits nahe; zu Goldkronach auf Gängen im Thonschiefer, mit Schwefelkies und Antimonerz; zu Andreasberg am Harze auf Gängen, mit Silbererzen im unteren Devon; auf Bleiglanz und Blende auf Lagerstätten im mittleren Devon bei Assinghausen im Kreise Brilon; im Serpentin bei Reichenstein; im Kupferschiefer bei Wettin; ferner in Ungarn, Siebenbürgen, im Banate, auf den Zinngängen Cornwalls, bei Sala, Nora und Norberka in Schweden u. a.

Analysen von Arsenkies.

	Schwefel.	Arsen.	Antimon.	Eisen.
1)	20,38	44,83	–	34,32
2)	19,60	45,74	—	33,98
3)	18,52	42,04	1,10	37,65
4)	20,08	45,46	—	34,46
5)	19,17	45,94	–	33,62
6)	21,14	41,91	—	36,95
7)	20,25	43,78	1,05	34,35
8)	19,77	44,02	0,92	34,83
9)	22,63	39,86	—	37,51

1) Von Freiberg, spec. Gew. 6,043, nach Behnke. 2) Aus Schweden, nach Thomson. 3) Von Sala, spec. Gew. 5,82, nach Behnke. 4) Von Ehrenfriedersdorf, spec. Gew. 6,3, nach Plattner. 5) Von Reichenstein, spec. Gew. 5,896, nach Weidenbusch. 6) Von Melchiorstollen bei Jauerinck in Oesterreichisch-Schlesien, derb, nach Freitag. 7) Von Altenberg bei Kupferberg in Schlesien, große Krystalle, spec. Gew. 6,043, nach Behnke. 8) Von Rothzechau bei Landshut in Schlesien, spec. Gew. 6,067, nach Demselben. 9) Von Wettin, kleine Zwillingskrystalle, spec. Gew. 5,365 und 5,657, nach Bäntsch.

3) Arsenikalkies, Arsenikeisen, in zwei Verbindungen, als Fe_4As_3 mit 66,80 Arsen und 33,20 Eisen und als $FeAs$, mit 72,84 Arsen und 27,16 Eisen, welche vielleicht isomorph sind. Krystallisirt orthorhombisch, meist derb und eingesprengt, körnig oder stänglig; spec. Gew. 7 bis 7,3, Härte 5,5; spröde, silberweiß ins Stahlgraue, dunkler anlaufend; Bruch uneben; giebt in der geschlossenen Glasröhre ein Sublimat von Arsen, in der offenen viel arsenige Säure; auf Kohle Arsengeruch und Beschlag, und im Reductionsfeuer zur magnetischen, auf Eisen (Reichensteiner) oder auch auf Nickel und Kobalt (Schladminger) reagirenden Kugel schmelzend. Entwickelt sich in der offenen Glasröhre auf blaues Lackmuspapier reagirende schweflige Säure, so sind dem Arsenikalkiese Magnetkies oder Mißpickel beigemengt. In Salpetersäure unter Abscheidung von arseniger Säure, in Königswasser vollständig löslich.

Findet sich unter ähnlichen Verhältnissen wie der Arsenkies, z. B. auf Gängen zu Andreasberg mit Silbererzen, zuweilen Kalkspathdrusen bekleidend oder umwachsene Kalkspathkrystalle überziehend und von der äußeren Masse sondernd, oder auch im innigen Gemenge mit Antimonsilber; auf Lagern in der Lölling bei Hüttenberg in Kärnthen, im Kalkstein mit Spatheisenstein und zuweilen mit Glimmer, Chalcedon, Schwerspath und Skorodit; zu Schladming in Steyermark finden sich bis 8 Klaftern mächtige, fallbandartig mit Eisenkies imprägnirte Zonen im Glimmerschiefer, welche von Gängen durchsetzt in den Paarungsräumen Kobalt- und Nickelerze mit Arsenkies und Fahlerzen enthalten. Das Hauptvorkommen, welches zur Gewinnung von Arsenikalien Veranlassung giebt, ist zu Reichenstein in Schlesien, wo die vorherrschende Gebirgsart Glimmerschiefer mit körnigen Kalksteineinlagerungen. An der Grenze einer solchen Einlagerung tritt eine stockförmige Serpentinmasse von etwa 80 Lachter Mächtigkeit auf, welche von goldhaltigem Arsenkies durchdrungen ist und noch Magnetkies, Zinkblende, Speckstein, Quarz, Kalkspath, Asbest, Tremolit etc. führt.

Analysen von Arsenikalkies.

	Schwefel.	Arsen.	Antimon.	Eisen.	Gebirgsart.	Arsenkies.
1)	1,09	65,61	—	31,51	1,02	5,50
2)	6,07	58,94	1,37	32,92	—	30,83
3)	1,94	65,99	—	28,06	2,17	9,87
4)	1,31	70,16	—	27,77	—	6,43
5)	0,10	72,18	—	26,48	—	3,60
6)	1,10	69,85	1,05	27,41	—	5,58
7)	1,65	70,59	—	28,67	—	8,40

1 u. 2 = Fe_4As_3. 1) Von Reichenstein, nach Weidenbusch, theils derb, theils krystallinisch. 2) Von Geyer im Erzgebirge, derb mit Arsenkies in kleinen Krystallen, nach Behnke, spec. Gew. 6,24 bis 6,32.

3 bis 7 = $FeAs$. 3) Von Reichenstein, nach Hoffmann. 4) Von Fossum in Norwegen, nach Scheerer, spec. Gew. 7,09. 5) Von Schladming, nach Weidenbusch, spec. Gew. 8,67 bis 8,71. 6) Von Breitenbrunn in Sachsen, nach Behnke, spec. Gew. 7,28. 7) Von Andreasberg am Harz, nach Illing, spec. Gew. 6,80.

4) Nickel-, Kobalt- und Zinnerze, welche entweder das Arsen als wesentlichen Bestandtheil (Speiskobalt, Kupfernickel) oder als Arsenkies beigemengt enthalten (Zinnstein), liefern bei Darstellung des Hauptproducts aus denselben arsenige Säure als Nebenproduct.

Außerdem findet sich das Arsen, ohne Gegenstand der Gewinnung zu sein, in Verbindung mit Metallen, wie Silber, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer, Antimon u. s. w.; oxydirt als Arsenblüthe, arsenige Säure mit 75,7 Arsen; an Schwefel gebunden als Realgar, Zweifach-Schwefelarsen mit 70 Arsen; und Rauschgelb, Dreifach-Schwefelarsen, mit 61 Arsen; in Verbindung mit den Schwe-

felmetallen des Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer, Silber und Antimon; als arsensaures Salz, worin als Basen Kalk, Eisen-, Kobalt-, Nickel-, Blei- und Kupferoxyd auftreten. Ferner wird es in Mineralwassern und deren Ochern getroffen, z. B. fand Audouard im Mineralwasser von Villecelle im Departement des Herault 0,0024 Grm. arsenige Säure in 100 Liter; Lassaigne im Ocher der Mineralquelle Wattweiler, Departement des Oberrheines, 2,8 Proc. Arsen als arsensaures Eisenoxyd und von Royat, Departement Puy de Dome, 0,3 Proc. Arsen; Fresenius im Absatze des Kochbrunnens in Wiesbaden 0,0495 bis 1,736 Arsensäure; Blum und Leddin in 1000 Th. Karlsbader Sprudelstein 2,72 Th. Arsen; Braconnet im Ocher der Quelle von Luxeuil 2,772 Proc. arsensaures Eisenoxyd; Becker fand im angeschwemmten Lande in der Nähe des Wesergebirges Arsen; Stein in der Asche von Holzkohlen, Steinkohlen und verschiedenen Pflanzen, z. B. in 10000 Th. Strohasche 2 Th. Arsen, Daubru bis 2 Grm. Arsen in 1 Kilogr. Steinkohlen. Im Basalt vom Kaiserstuhl entdeckte derselbe in 1 Kilogr. 0,01 Grm. Arsen und 0,03 Grm. Antimon, sowie in 1 Kilogr. Abdampfrückstand von Meerwasser 0,009 Grm. Arsen, Otto fand dasselbe im Kesselstein aus einem Theekessel.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, ist das Arsen ein sehr verbreiteter Körper, aber bei hüttenmännischen Processen als Begleiter der Erze, wie das Antimon, meist nur ungern gesehen. Bei seiner Flüchtigkeit nimmt dasselbe andere nutzbare Metalle mit fort (daher von den Alten Räuber der Metalle genannt) und bildet den Ofengang störende Ofenbrüche, giebt zur Bildung arsenhaltiger Zwischenproducte (Speisen) Veranlassung, aus denen sich die damit verbundenen nutzbaren Metalle (Silber, Gold, Kupfer, Blei) nur mit den größten Verlusten wiedergewinnen lassen, und erheilt, da es sich nur sehr schwer von manchen Metallen trennen läßt, denselben unerwünschte Eigenschaften, macht sie namentlich brüchig (Gold, Silber, Kupfer), so daß ihr Handelswerth dadurch sinkt. Nur bei wenigen Processen (Smaltebereitung, Zugutemachung nickelhaltiger Schlacken) dient das Arsen zur Ausziehung des Nickels.

Darstellung der Arsenikalien. Aus den Arsenhütten gehen als technisch wichtige Producte (Arsenikalien) hervor: metallisches Arsen (Fliegenstein, graues Arsen), arsenige Säure (als weißes Arsenglas oder als Giftmehl), Schwefelarsen, und zwar als höhere Schwefelungsstufe (Rauschgelb, Operment, gelbes Arsenglas) und als niedere Schwefelungsstufe (Realgar, rothe Arsenblende, Rauschroth, rothes Arsenglas), zuweilen auch arsensaures Kali. Den Hauptfabrikationszweig bildet die Darstellung der arsenigen Säure, welche bei Röstprocessen entweder als Hauptproduct (zu Reichenstein aus Arsenikalkies) oder als Nebenproduct (zu Andreasberg aus silberhaltigem Scherbenkobalt, in Sachsen aus Kobalt- und Zinnerzen) erfolgt.

I. Darstellung des metallischen Arsens. — Eigenschaften des Arsens. Das metallische Arsen (Fliegenstein, graues Arsen) besitzt eine bläulich weiße Farbe und eine krystallinische Textur, krystallisirt aber selten in deutlichen Rhomboedern; sehr spröde; specifisches Gewicht des festen Arsens 5,96 und des dampfförmigen 1,0362. Ist das flüchtigste aller festen Metalle, geht beim Erhitzen unter Luftabschluß, ohne zu schmelzen, bei etwa 180° C. in den dampfförmigen Zustand über. Je nach den bei Condensation des Dampfes angewandten verschiedenen Temperaturen erfolgt dasselbe in zwei allotropischen Modificationen. Läßt man den Arsendampf in einem Raume sich abkühlen, welcher nahe die Temperatur des Dampfes hat, so erfolgt ein weißes, stark metallisch glänzendes, schuppig krystallinisches Product, welches sich an der Luft, selbst bei Temperaturen von 80° C. und etwas darüber nicht oxydirt und unter dem Namen Fliegenstein Handelswaare ist. Enthält dagegen der Condensationsraum eine niedrigere Temperatur und entwickelt sich der Arsendampf mit anderen erhitzten Gasen (z. B. bei Reduction von arseniger Säure durch Kohle mit Kohlenoxydgas und Kohlensäure), so resultirt ein dunkelgraues krystallinisches Pulver (graues Arsen), welches sich an der Luft, namentlich bei erhöhter Temperatur, leicht oxydirt und meistens nicht in den Handel kommt, sondern auf den Hüttenwerken selbst wieder zur Darstellung anderer Arsenikalien, z. B. der farbigen Arsengläser, benutzt wird. Beim Anlaufen des Arsens bildet sich ein Suboxyd desselben. Mit Wasser befeuchtet und der Luft ausgesetzt erzeugt sich im Wasser lösliche arsenige Säure. Bei Luftzutritt über 180° C. erhitzt, verbrennt das Arsen zu flüchtiger arseniger Säure, der dabei entstehende Knoblauchgeruch ist der Bildung von Arsensuboxyd zuzuschreiben. Bei Vergrößerung der Wärme verbrennt es mit blaßblauer Flamme, in Sauerstoff mit intensivem Lichte. In Chlorgas entzündet es sich in gewöhnlicher Temperatur und verbrennt zu Chlorarsen. In Salzsäure bei Luftabschluß unlöslich, in geringer Menge bei Luftzutritt löslich; concentrirte Schwefelsäure verwandelt das Arsen unter Entwicklung von schwefliger Säure in arsenige Säure, verdünnte Schwefelsäure wirkt nicht. Salpetersäure und Königswasser lösen dasselbe leicht und je nach der Dauer der Einwirkung der Lösungsmittel bildet sich arsenige oder Arsensäure.

Reines oder mit Metallen verbundenes Arsen löst sich bei Einwirkung von sauren, alkalischen und salzigen Flüssigkeiten und die Lösung erhält giftige Eigenschaften. Mit Essig behandeltes Fleisch der durch Schrotkörner getödteten Thiere kann Arsen- und Bleigift enthalten. Beim Auflösen arsenhaltiger Legirungen in Säuren, welche Wasserstoff entwickeln, erzeugt sich Arsenwasserstoffgas, welches, nur in geringer Menge mit atmosphärischer Luft eingeathmet, Schwindel und Brustbeklemmung und bei etwas mehr den Tod herbeiführt. Salpeter und chlorsaures Kali geben beim Schmelzen damit in Wasser lösliches arsensaures Kali.

Das Löthrohrverhalten des Arsens ist S. 643 angegeben. Das metallische Arsen scheint in Substanz nicht giftig zu sein, wird es aber in Folge seiner leichten Oxydirbarkeit bei längerem Aufenthalt im thierischen Körper. In Gifthütten beschäftigte Arbeiter haben von den Arsen-

dämpfen zu leiden, es wird ihnen Mund und Hals trocken und entzündet, sie bekommen anfangs Niesen, dann folgen Erstickung, Asthma, trockner Husten, Angst, Erbrechen, Schwindel, Kopf- und Gliederschmerzen, Zittern und häufig Lungenentzündung, wenn sie nicht zuvor sterben. Von den Gegenmitteln gegen solche Wirkung des Arsens wird bei der arsenigen Säure weiter die Rede sein.

Das metallische Arsen wird zur Fabrikation von Legirungen (Schrot, Spiegelmetall, Weißkupfer), von Realgar und Rauschgelb, zur Extraction des Nickels aus dieses Metall enthaltenden Zwischenproducten und Abfällen der Hüttenwerke, als Fliegengift ꝛc. benutzt. Die Anwendung zu letzterem Zwecke beruht darauf, daß das Arsen unter Bildung von Suboxyd an der Luft anläuft. Beim Befeuchten mit Wasser wird von letzterem arsenige Säure aufgelöst, wodurch die giftig einwirkende Flüssigkeit entsteht. Danach scheint das Suboxyd ein Gemenge von arseniger Säure mit metallischem Arsen zu sein. Beim Erhitzen zerfällt das Suboxyd in diese beiden Körper und beim Behandeln mit Säure löst sich unter Zurücklassung von metallischem Arsen arsenige Säure auf. Man setzt Fliegenpulver zweckmäßig zusammen aus 50 feingepulverter arseniger Säure, 50 Weizenmehl, 125 feingepulvertem Zucker, 2 Kienruß, 6 Eisenvitriol, 12 Galläpfel und 4 Natronbicarbonat. Die letzten drei Ingredienzien verhindern die Auslaugung der arsenigen Säure durch Wasser, Wein oder andere Flüssigkeiten.

Docimastische Proben. Um zu ermitteln, wie viel Arsen aus einem Arsenerz zu gewinnen steht, erhitzt man 20 bis 50 Grm. Arsen- oder Arsenikalkies, je nachdem Schwefel vorhanden ist oder nicht, mit oder ohne einen Zuschlag von Potasche in einer Thonretorte 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunde lang allmälig bis zur Rothgluth und läßt das sublimirte Arsen sich auf einem in die Retortenhalsmündung gesteckten, spiralförmig zusammengewickelten Eisenbleche absetzen. Das im Halse nicht Condensirte wird in einer als Vorlage dienenden Kupfertute verdichtet, in welche der bis auf eine kleine Oeffnung lutirte Retortenhals einmündet. Das metallisch glänzende krystallinische Arsen wird gewogen. Man kann auch als Sublimationsapparat einen Tiegel anwenden, auf welchen ein anderer Tiegel als Vorlage gedeckt ist.

Bei Anwendung von arseniger Säure zur Darstellung von Fliegenstein mengt man derselben 16 bis 20 Proc. Holzkohlenpulver bei.

Darstellung des Arsens im Großen. — Das Material für die Gewinnung des Arsens im Großen liefern:

1) das gediegen Arsen (Scherbenkobalt). Dasselbe wird seltener umsublimirt, als im rein geschiedenen Zustand ohne Weiteres in den Handel gegeben, in sofern es nicht silberhaltig ist.

2) Arsenkies und Arsenikalkies. Beide Erze geben beim Erhitzen unter Luftabschluß ein Sublimat von metallischem Arsen, indem bei Arsenkies Einfach-Schwefeleisen ($FeAs_2 + FeS_2 = 2FeS + 2As$), beim Arsenikalkies niedriger arsenicirtes Eisen zurückbleibt ($Fe_4As_3 = Fe_4As + 2As$). Bei Anwendung des ersteren Minerals findet zu Anfang der Erhitzung eine geringe Sublimation von Schwefelarsen Statt, welche aber dadurch zu vermeiden ist, daß man zum Erz etwas Potasche oder gebrannten Kalk hinzufügt, wodurch der Schwefel gebunden wird.

Die Erhitzung der Erze geschieht ähnlich wie beim Realgarofen (Fig. 148) in Thonröhren *a* von 26 bis 28 Zoll Länge und 5 bis 7 Zoll Durchmesser, welche zu beiden Seiten eines Galeerenofens über einer gemeinschaftlichen Feuerung *c* liegen. Um sicher zu sein, daß keine Dämpfe durch nicht sichtbare Poren und Risse entweichen, versieht man sie, ähnlich wie Gasretorten, mit einer halbglasirten Oberfläche, indem man die ungebrannten Röhren nach gehörigem Austrocknen außen möglichst ebnet, mit einem Brei von gebranntem und ungebranntem Thone oder auch mit gepulvertem Quarz oder Feuerstein einreibt und brennt. Es liegen 22 bis 26 solcher Röhren in zwei Reihen über einander und jede derselben enthält eine thönerne Vorlage *b*. Zwischen Vorlage und Röhre befindet sich ein spiralförmig zusammengewickeltes Eisenblech, welches in beide etwa 4 Zoll hineinragt. Die Flamme entweicht durch Füchse *A* im Gewölbe in einen Schornstein. Nachdem die Röhren mit Arsenerz besetzt, feuert man anfangs ohne vorgelegte Vorlage, bringt letztere dann an, sobald Arsendämpfe kommen, und hält eine kleine eiserne Thür am Kopfe der Vorlage bis gegen das Ende der Operation so lange mit Lehm verschmiert, als ein Beobachten der Röhre nicht nöthig ist.

Zu Reichenstein in Schlesien wird jeder Ofen mit 26 Röhren mit 5 Ctnr. röschem Erzschliech besetzt, wovon nach 10stündigem Feuern durchschnittlich 100 Pfd., also 20 Proc. Arsen gewonnen werden. Davon sind 90 Proc. als Fliegenstein verwerthbar, 10 Proc. erfolgen als Arsenpulver. Die Rückstände aus den Röhren geben beim Rösten im Muffelofen noch etwa 30 Proc. arsenige Säure. Weder durch die Sublimation, noch durch die Röstung läßt sich alles Arsen aus dem Erze gewinnen, die letzten Antheile davon werden sehr hartnäckig in den Abbränden zurückgehalten, welche sich dann auch schwer und nur unvollständig entgolden lassen.

Zu Ribas in Spanien bringt man in 22 Röhren aus 8 bis $9\frac{1}{2}$ Cntr. Erz in 9 Stunden etwa 2 Cntr. Metall aus.

3) Arsenige Säure, welche, mit Kohlenpulver gemengt, einer Sublimation in vorhinniger Weise unterworfen wird.

Dieses Verfahren wird seltener angewandt, die arsenige Säure ist ein theureres Rohmaterial und liefert zum größten Theil ein mürbes schwarzgraues Product, welchem arsenige Säure beigemengt ist.

II. Darstellung von arseniger Säure. — Eigenschaften der arsenigen Säure. Dieses Product wird in Gestalt eines Glases (weißes Arsenglas) oder als Pulver (Giftmehl) in den Handel gegeben.

Arsenige Säure AsO_3. Diese Verbindung bildet sich, wenn man, wie bereits erwähnt worden ist, metallisches Arsenik in freier Luft erhitzt; die weißen Dämpfe liefern ein Sublimat, welches aus arseniger Säure be-

steht und, auf diese Weise erhalten, gewöhnlich eine compacte weiße Masse darstellt, aber auch in Oktaedern krystallisirt erhalten werden kann.

Sie besitzt einen scharfen Geschmack, welcher von einem süßen Nachgeschmack begleitet wird, und ist als eins der stärksten Gifte zu betrachten.

Außer auf den vorher angeführten Wegen kann die arsenige Säure noch auf verschiedenen anderen erhalten werden, und der schnellste, welcher sich im Laboratorium ausführen läßt, ist der, Metall in Salpetersäure aufzulösen und die erhaltene Lösung zur Trockne zu verdampfen, um sämmtliche Salpetersäure auszutreiben. Der Rückstand wird alsdann mit ein wenig Wasser ausgewaschen, um etwa noch anhängende Salpetersäure zu entfernen.

Die arsenige Säure ist in mäßiger Menge in siedendem Wasser löslich, aber beträchtlich weniger in kaltem Wasser; aber sie löst sich auch im Alkohol und in Oelen. Hinsichtlich der Löslichkeit der arsenigen Säure fand Guibourt, daß die glasige Säure 104,17 Th. Wasser von 15° C. und die opake oder undurchsichtige 80 Th. erfordert. 100 Th. siedenden Wassers lösen 9,68 Th. der ersteren und 11,47 Th. der letzteren auf und die Lösungen behalten, nachdem sie erkaltet sind, 1,78 Th. der glasigen und 2,9 Th. der opaken Säure zurück.

Die arsenige Säure kommt in zwei verschiedenen Modificationen, nämlich krystallisirt und amorph vor und die krystallisirte Säure ist dimorph oder nimmt oft zwei Krystallformen, das Oktaeder und Tetraeder, an (Fig. 140 und 141). Wöhler hat beobachtet, daß

Fig. 140.

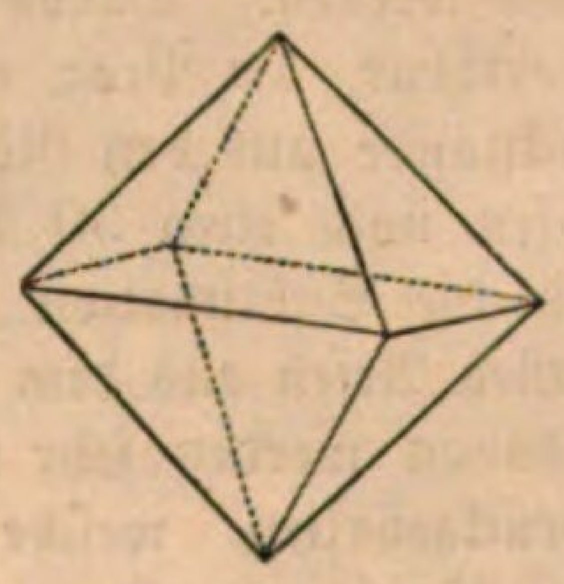
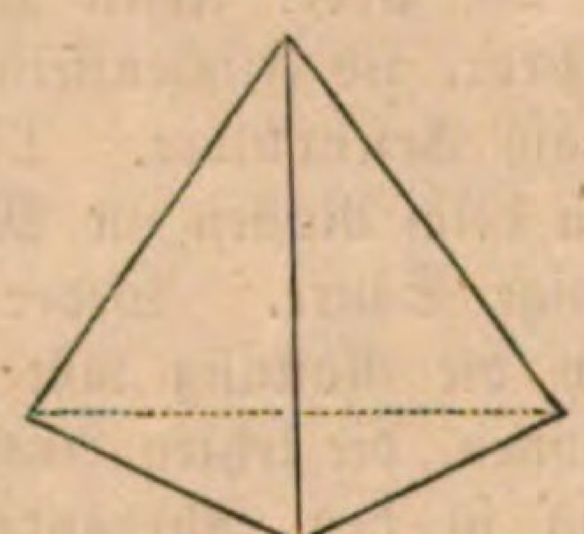


Fig. 141.



die Säure auch die Form sechsseitiger, aus dem rhombischen Prisma entstandener Tafeln annimmt. Danach scheint sie dimorph zu sein, was wahrscheinlich mit der Eigenthümlichkeit des undurchsichtigen und glasigen Zustandes zusammenhängt.

Die glasige arsenige Säure stellt, wenn sie frisch bereitet ist, große glasige, farblose, durchscheinende Stücke dar; zuweilen ist sie von einer gelblichen Farbe — welche nicht, wie man gewöhnlich annimmt, von einem Schwefelgehalte herrührt, sondern nach Georgi durch eine mechanische Beimengung von metallischem Arsen oder Erzschlich veranlaßt wird — und bildet concentrische Lagen, welche durch allmälige Sublimation entstanden sind. Setzt man aber diese durchscheinenden Stücke der Luft aus, so werden sie rasch mit einem weißen Ueberzug bedeckt und verlieren ihre frühere Durchsichtigkeit. Diese Veränderung dehnt sich in Folge einer eintretenden Krystallbildung nach und nach bis zum Centrum hin aus, so daß der Bruch ein emailähnliches Ansehen hat; endlich aber zerkrümeln sie zu einer zerbrechlichen Masse.

Das specifische Gewicht der undurchsichtigen Säure ist nach Guibourt 3,695, nach Taylor 3,529, nach Brandt 3,600.

Das specifische Gewicht der durchsichtigen Säure entspricht nach Dumas 3,698, nach Guibourt 3,738, nach Brandt 3,700.

Pereira bewahrte arsenige Säure in einer verschlossenen Röhre zwei Jahre hindurch auf, ohne daß irgend eine Veränderung bemerkt worden wäre, aber beim Zerbrechen der Röhre ging die Durchsichtigkeit nach sehr kurzer Zeit verloren.

Eine merkwürdige von Rose beobachtete Eigenschaft ist die, daß, wenn die glasige Säure in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst wird und man die Lösung langsam erkalten läßt, bei der Bildung der Krystalle lebhafte Lichtflammen aus derselben aufsteigen. Dagegen begleitet diese Erscheinung nicht die Krystallisation, wenn man die undurchsichtige Säure in der sauren Flüssigkeit auflöst; auch will sie nicht erfolgen, wenn die abgelagerten Krystalle der glasigen Substanz in Säure aufgelöst werden, da sie beim Erkalten die Eigenschaft der undurchsichtigen Säure annehmen. Die Erzeugung des Lichtes scheint mit dem Uebergange von einer Modification zur anderen zusammenzuhängen.

Vor dem Löthrohre auf der Kohle erhitzt, giebt die arsenige Säure den eigenthümlichen charakteristischen Arsengeruch zu erkennen; wird sie mit kohlensaurem Natron und Kohle gemischt und alsdann diese Mischung in einer Glasröhre erhitzt, so condensirt sich an dem kälteren Theile der Röhre ein metallischer Ring. Durch Wasserstoff, Kohle und manche Metalle wird sie schon bei beginnender Rothglühhitze zersetzt.

Schwefelwasserstoff bringt in den Lösungen der arsenigen Säure einen citrongelben Niederschlag von Dreifach-Schwefelarsen hervor, welcher auch für Erkennung des Arsens sehr charakteristisch ist. Die gelbe Färbung wird schon bemerkt, wenn $^1/_{100000}$ der Säure vorhanden ist, und ein Niederschlag wird in einer angesäuerten Lösung von einem Theile arseniger Säure in 80,000 Theilen Wasser sichtbar. Indessen ist bei der Reaction des Schwefelwasserstoffs auf Arsen wohl zu beachten, daß man das Schwefelarsen von Schwefelcadmium, welches dieselbe Farbe besitzt, unterscheidet, denn letzteres hat dasselbe Aussehen, aber der Niederschlag von Schwefelarsen ist in Schwefelammonium leicht auflöslich, während sich der von Schwefelcadmium nicht darin auflöst. Ein Ueberschuß von Kalkwasser veranlaßt in einer Flüssigkeit, welche $^1/_{500}$ Th. arsenige Säure enthält, einen weißen Niederschlag. Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak verursacht in einer Lösung von arseniger Säure einen apfelgrünen Niederschlag, welcher sogar etwa $^1/_{12000}$ Theil der Säure anzeigt, und nach Reinsch wird, wenn man ein Stückchen blankes Kupferblech in einer wäßrigen Lösung, welche mit Chlorwasserstoffsäure angesäuert ist, kocht, ein schwarzer Ueberzug von Arsen am Kupfer abgelagert, indem es die Gegenwart von weniger als $^1/_{100000}$ Theil der Säure anzeigt. Salpetersaures Silberoxyd liefert einen gelben Niederschlag. Aber von allen diesen hier angeführten Reactionen ist wohl die untrüglichste der charakteristische knoblauchartige Geruch, welcher sich zu erkennen giebt, wenn man diese Substanz vor dem Löthrohr erhitzt; denn selbst

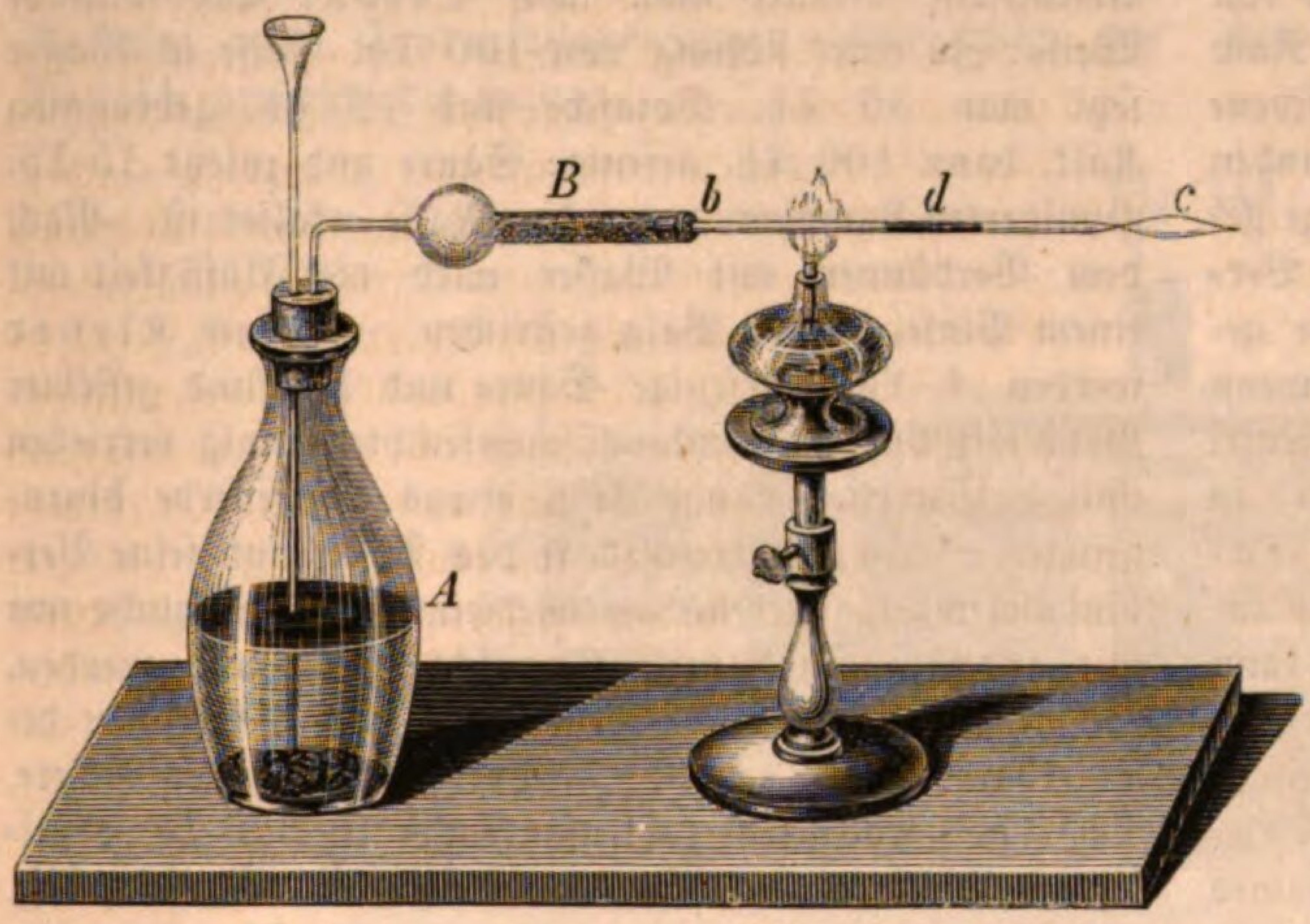
die kleinsten Partikelchen von Arsen können so entdeckt werden, wenn man dasselbe vor dem Löthrohre der Einwirkung von Reductionsmitteln unterwirft.

Das Arsenik bildet mit Wasserstoff Arsenwasserstoffgas, welches entsteht, wenn man arsenige Säure oder eine Arsenverbindung mit Zink, Wasser und Schwefelsäure zusammenbringt.

Das Arsenwasserstoffgas zerfällt beim Erhitzen in metallisches Arsen und Wasserstoffgas. Diese Eigenschaft wurde zuerst von Marsh zur Nachweisung des Arsens benutzt und bildet unstreitig das empfindlichste Reagens auf Arsen, indem, mit Ausnahme des Antimons, kein anderer Körper dieses Verhalten zeigt.

Zu solchen Prüfungen bedient man sich am zweckmäßigsten des in Fig. 142 dargestellten Apparats, der

Fig. 142.



nach seinem Erfinder als Marsh'scher Apparat bezeichnet wird. Er besteht aus einer Flasche A, in welche reines Zink und Wasser gebracht wird. Durch den Kork derselben geht ein Trichterrohr bis nahezu auf den Boden, außerdem ist in den Kork ein zweites Rohr B eingefügt, dessen Kugel dazu bestimmt ist, kleine Wassertröpfchen, die vom Gasstrome fortgeführt werden, aufzunehmen, und von diesen wird der Rest in dem weiteren, mit Baumwolle lose gefüllten Theil des Rohrs zurückgehalten. Das andere Ende dieses Rohrs ist durch einen Kork b mit einer bei c zu einer feinen Spitze ausgezogenen Röhre von schwerschmelzbarem Glase verbunden. Ist der Apparat so vorgerichtet, so läßt man durch das Trichterrohr einige Tropfen reiner Schwefelsäure einfließen, wodurch sofort eine Wasserstoffentwicklung eintritt. Nach einigen Minuten, wenn man annehmen kann, daß alle atmosphärische Luft durch den Wasserstoff aus dem Apparate verdrängt ist, entzündet man die Lampe, erhitzt dadurch das Rohr bis nahe zum Glühen und zündet zugleich den bei c ausströmenden Wasserstoff an. Ist Zink und Schwefelsäure frei von Arsen, so bleibt das Glasrohr selbst nach halbstündigem Glühen völlig unverändert und eine Porzellanplatte, welche man kurze Zeit gegen die Wasserstoffflamme hält, bleibt rein weiß. Ist dies der Fall, so gießt man die auf Arsen zu prüfende Flüssigkeit durch die Trichterröhre in die Flasche und unterhält durch Zusatz von Schwefelsäure die Gasentwicklung. Sind dann auch nur Spuren von Arsen vorhanden, so zeigt sich fast momentan in der Glasröhre bei d ein schwarzer metallglänzender Anflug von reducirtem Arsen, welcher durch die Zersetzung des Gases an der glühenden Stelle des Rohrs entstanden ist, und läßt man dann die Wasserstoffflamme auf eine weiße Porzellanplatte, eine Schale, Tiegel 2c. schlagen, so werden schwarze Flecken als Metallspiegel darauf abgelagert, in Folge der Condensation des Arsens.

Die arsenige Säure hat die Eigenschaft, mit vegetabilischen und animalischen Körpern Verbindungen zu erzeugen, wodurch dieselben den Charakter der Unverweslichkeit oder der Unfähigkeit zu faulen erhalten. In Folge dieser Verbindungen verlieren die lebenden Organe den Zustand ihres Lebens, indem dadurch ihre Haupteigenschaft, Metamorphosen zu bewirken und zu erleiden, zerstört wird. Deshalb wirkt die arsenige Säure giftig und zwar in geringen Mengen, da sich 1 Aeq. davon mit 6361 Aeq. Faserstoff zu verbinden vermag, oder 100 Gran Eiweiß mit 1 ¼ Gran arseniger Säure. ¼ bis ½ Gran von letzterer können schon das Wohlbefinden stören, 1 bis 2 Gran können nach wenigen Tagen und 3 bis 5 Gran in den ersten 24 Stunden tödten, je nach dem Zustande des Magens.

In gewissen geringen Dosen genossen, wirkt die arsenige Säure auf die Gesundheit mancher Thiere, z. B. der Pferde, sehr vortheilhaft ein, dieselben werden bald abgerundet, kräftig und erhalten einen vortrefflichen glänzenden Haarwuchs. Sie erregt, nach Vogt, ein behagliches Wärmegefühl im Magen, steigert die Eßlust und fördert die Darmsecretion; vom Darmcanal aus verbreiten sie diese erregenden Wirkungen auf den Gesammtorganismus. Die Arsenikesser in Nieder-Oesterreich, in Steyermark und namentlich in dem Hügellande nach Ungarn zeichnen sich durch Körperfülle, weiche und reine Haut, eine schöne und frische Farbe aus und fühlen eine Erleichterung des Athmens beim Bergesteigen. Sobald sie aber den Genuß des Arseniks unterlassen, zeigen sich Krankheitssymptome, gegen welche es keine andere Hülfe giebt, als erneuerten Arsenikgenuß.

Die Symptome bei einer Arsenikvergiftung sind: Uebelkeit, Aufstoßen, Speien, Brand im Magen, sodann heftiges Würgen und Erbrechen von schleimigen, blutigen Stoffen. Der Magen wird mehr und mehr aufgetrieben, es stellt sich heftiger Durst ein und zuletzt werden die Eingeweide mit furchtbar schneidenden Schmerzen zusammengezogen. Das Erbrechen dauert fort, der Puls schlägt rasch aber schwach, wird immer kürzer, der Herzschlag rascher, der Körper mit kaltem Schweiß bedeckt, während im Innern desselben die grimmigste Hitze vorhanden ist. Das Antlitz wird bei zunehmender Angst verzerrt, es treten Zuckungen, Ohnmachten, Irrreden und endlich der Tod ein, was meist erst nach 1 bis 3 Tagen, seltener nach einigen Stunden der Fall ist. Da die Verbindung der arsenigen Säure nach chemischen Gesetzen vor sich geht, so muß bei Vergiftungen unausbleiblich der Tod erfolgen, wenn bei hinreichender Menge derselben Zeit vorhanden ist, daß sich Atom mit Atom verbindet. Die

Kunst des Arztes bleibt deshalb darauf beschränkt, den noch unverbundenen Theil arsenige Säure dadurch unschädlich zu machen, daß er durch Brechmittel aus dem Körper geschafft wird, oder daß man ihm einen anderen Stoff darbietet, mit dem er eine unlösliche Verbindung eingeht. Ein solcher ist das von Bunsen und Berthold angegebene Eisenoxydhydrat, welches mit der arsenigen Säure unlösliches basisch arsenigsaures Eisenoxyd giebt und auch als ein roburirendes und absorbirendes Mittel die Aufhäufung der in dem Magen und Darmcanale befindlichen Chylus- und Blutgefäße mindert. Die vor dem jedesmaligen Gebrauche gut umgeschüttelte rothbraune, dickliche, trübe, in den Apotheken vorräthig gehaltene Eisenoxydhydratflüssigkeit enthält in jedem Loth etwa 1/4 Quentchen Eisenoxyd, welche Menge 8 bis 9 Gran arsenige Säure aufnimmt. Erwachsene nehmen jede halbe Stunde 1 Eßlöffel, Kinder von 11 bis 13 Jahren einen halben Eßlöffel voll und kleine Kinder verhältnißmäßig weniger. Nach zweimaligem Gebrauche kehrt oft schon die erloschene Lebenskraft zurück und nach Verlauf von 12 Stunden ist, wenn die Wirkung der Säure nicht zu lange gedauert hat, jede Gefahr verschwunden, insofern die Vergiftung mit freier Arsensäure oder arseniger Säure geschah. Das Mittel bleibt ohne glücklichen Erfolg, wenn zur Vergiftung ein arsen- oder arsenigsaures Salz diente. Ist man daher über die Individualität des Giftes in Ungewißheit, so muß man basisch essigsaure Eisenoxydauflösung (Liquor ferri oxydati acetici) anwenden. In Ermangelung von Eisenoxydauflösung kann man sich des Schmiedeschlammes bedienen, welcher sich erzeugt, wenn man Hammerschlag unter Wasser bringt.

Nach Bussy ist reine, schwach gebrannte Magnesia, mit Wasser angerührt, auch ein sehr wirksames Gegenmittel gegen arsenige Säure, indem sie damit eine selbst in kochendem Wasser unlösliche Verbindung eingeht. Da sich dieser Körper wahrscheinlich als treffliches Gegenmittel gegen Brechweinstein, Kupfersalze, Quecksilbersalze und Alkaloide anwenden läßt, so verfährt man damit um so sicherer, wenn etwa eine Täuschung in den Symptomen stattgefunden hat.

Sind die genannten Mittel nicht gleich zur Hand, so wendet man bei Arsenvergiftungen zur ersten Hülfeleistung lauwarmes dünnes Eiweißwasser, laue Milch, Seifen-, Honig- oder Zuckerwasser, sehr dünne Kalkmilch oder Kalkwasser an.

Einige Anwendungen der arsenigen Säure sind folgende:

a) In der Medicin für sich oder in Verbindung mit Kali, Natron und Metalloxyden innerlich und äußerlich bei Wechselfiebern, Fallsucht, Veitstanz, Hundswuth, Krebs 2c.

b) Zur Darstellung von Malerfarben, als Schweinfurter Grün, $3(2CuO, AsO_3) + CuO, \bar{A}$, Scheel'sches Grün, CuO, AsO_3 in den verschiedensten Farbetönen (Mitis-, Wiener-, Kaiser-, Neugrün 2c.). Solche Arsenikfarben zeichnen sich zwar vor allen Surrogaten durch Schönheit des Farbentons aus, wirken aber auf die Gesundheit der sie bereitenden Arbeiter, sowie der Bewohner von Zimmern höchst schädlich ein, welche mit Arsenfarben bedruckte Tapeten enthalten, wenn die Farben nicht mit den kräftigsten Bindemitteln befestigt sind. Solche Tapeten sollen sowohl durch Ablösung von Farbenstaub, als durch Bildung von Arsenwasserstoffgas beim Feuchtwerden schädlich wirken.

c) Bei der Glasfabrikation dient arsenige Säure als Entfärbungsmittel, indem sie färbende kohlige Theile oxydirt und vorhandenes Eisenoxydul in Oxyd überführt. Auch benutzt man sie zur Herstellung eines Emails, welches in der Fabrikation der Luxusgläser zum Ueberfangen von Krystallglas dient.

d) In der Färberei zu Beizen für Kattundruck; die Hutmacher brauchen arsenige Säure beim Schwarzfärben, wodurch das Rothwerden der Hüte verhindert wird.

e) Als antiseptisches Mittel für organische Stoffe, um sie gegen Fäulniß, Insectenfraß 2c. zu schützen, z. B. Thierbälge. Eine für solchen Zweck taugliche Arsenikseife bereitet man nach Becour auf folgende Weise: Zu einer Lösung von 100 Th. Seife in Wasser setzt man 36 Th. Potasche und 12 Th. gebrannten Kalk, dann 100 Th. arsenige Säure und zuletzt 15 Th. gepulverten Kampher, wenn die Masse erkaltet ist. Nach dem Verdünnen mit Wasser wird die Flüssigkeit mit einem Pinsel in den Balg gestrichen. — Nach Klener werden 4 Loth arsenige Säure und 1 Pfund gesiebter Gyps mit Buchenaschenlauge angefeuchtet, innig verrieben und 1 Quartier Lauge nebst etwas Pfeifenerde hinzugefügt. — In Frankreich darf das Arsen und seine Verbindungen zu anderem, als medicinischem Gebrauche nur mit anderen Substanzen vermischt verbraucht werden. So besteht die vorgeschriebene Seife zum Bestreichen der Thierbälge aus: 320 Th. gepulverter arseniger Säure, 120 Th. getrocknetem kohlensaurem Kali, 320 Th. destillirtem Wasser, 320 Th. marmorirter Marseilleseife, 40 Th. gepulvertem Aetzkalk und 10 Th. Kampher. Wasser, arsenige Säure und Potasche werden in einer Porzellanschale erwärmt, dann leicht gekocht, bis die arsenige Säure völlig aufgelöst ist, die feinzertheilte Seife hinzugefügt, die Masse vom Feuer genommen und nach dem Erkalten Kalkpulver und Kampher hinzugethan, nachdem letzterer mit Alkohol zu Pulver gerieben worden. Das Ganze wird auf einer Porphyrplatte zerrieben und in einem verschlossenen Glase aufbewahrt. — Man bestreicht Schiffe mit einer Arseniksalbe, um das Ansetzen von Seethieren zu verhindern, desgleichen Zuckerrohr zum Schutz gegen Thiere; Saatweizen legt man in eine starke Arseniklösung, um ihn gegen Würmer und Brand zu schützen. Das Product der Saat ist nicht giftig, dagegen stirbt Geflügel, welches die Körner frißt. Der Genuß des Fleisches davon hat Vergiftungssymptome herbeigeführt.

f) Als Ratten- und Mäusegift. Ein geeigneter Arsenteig besteht aus 1000 Th. geschmolzenem Talg, 1000 Th. Weizenmehl, 100 Th. feingepulverter arseniger Säure, 10 Th. Kienruß und 1 Th. Anisöl. Man läßt den Talg in einer Schüssel bei gelindem Feuer zergehen, setzt die anderen Substanzen hinzu und vermengt sie mit jenem.

g) Zur Schrotfabrikation, wobei aber gewöhnlich das graue Arsenpulver und auch Schwefelarsen zur Anwendung kommt.

Darstellung der arsenigen Säure im Großen. Alle Methoden laufen darauf hinaus, das Arsenerz vorsichtig abzurösten, dabei arsenige Säure zu bilden, welche sich bei etwa 185° C. verflüchtigt, und dieselbe in geeigneten Condensationsräumen zu einem Pulver (graues Giftmehl) zu verdichten. Letzteres wird nochmals umsublimirt (raffinirt) und dabei weiße arsenige Säure in zwei verkäuflichen Producten, als Arsenglas und weißes Arsenmehl erhalten. Die Rückstände vom Rösten werden zuweilen noch auf nutzbare Metalle verarbeitet, z. B. zu Andreasberg auf Silber, zu Reichenstein auf Gold; die Rückstände von der Raffination geben beim Rösten noch arsenige Säure. Danach zerfällt die Gewinnung der arsenigen Säure in nachfolgende beide Hauptprocesse:

A) Röstung des Erzes und Condensation der arsenigen Säure. Die hierbei vorkommenden Abweichungen liegen in der verschiedenen Einrichtung der Röstöfen und Condensationsräume. Hinsichtlich der Röstöfen unterscheidet man:

1) Muffelöfen (Gefäßöfen), die am gewöhnlichsten angewandten, wobei das Erz in einem muffelförmigen Raume erhitzt wird, den man von außen in Gluth setzt. Bei derartiger Einrichtung kommt die Flamme des Brennmaterials mit dem Erze und der gebildeten arsenigen Säure nicht in Berührung und kann letztere also weder mechanisch verunreinigen, noch theilweise reduciren. Dagegen wird das Brennmaterial unvortheilhaft ausgenutzt und bei der Erhitzung der Erze von unten tritt leichter eine dessen Abröstung störende Sinterung ein.

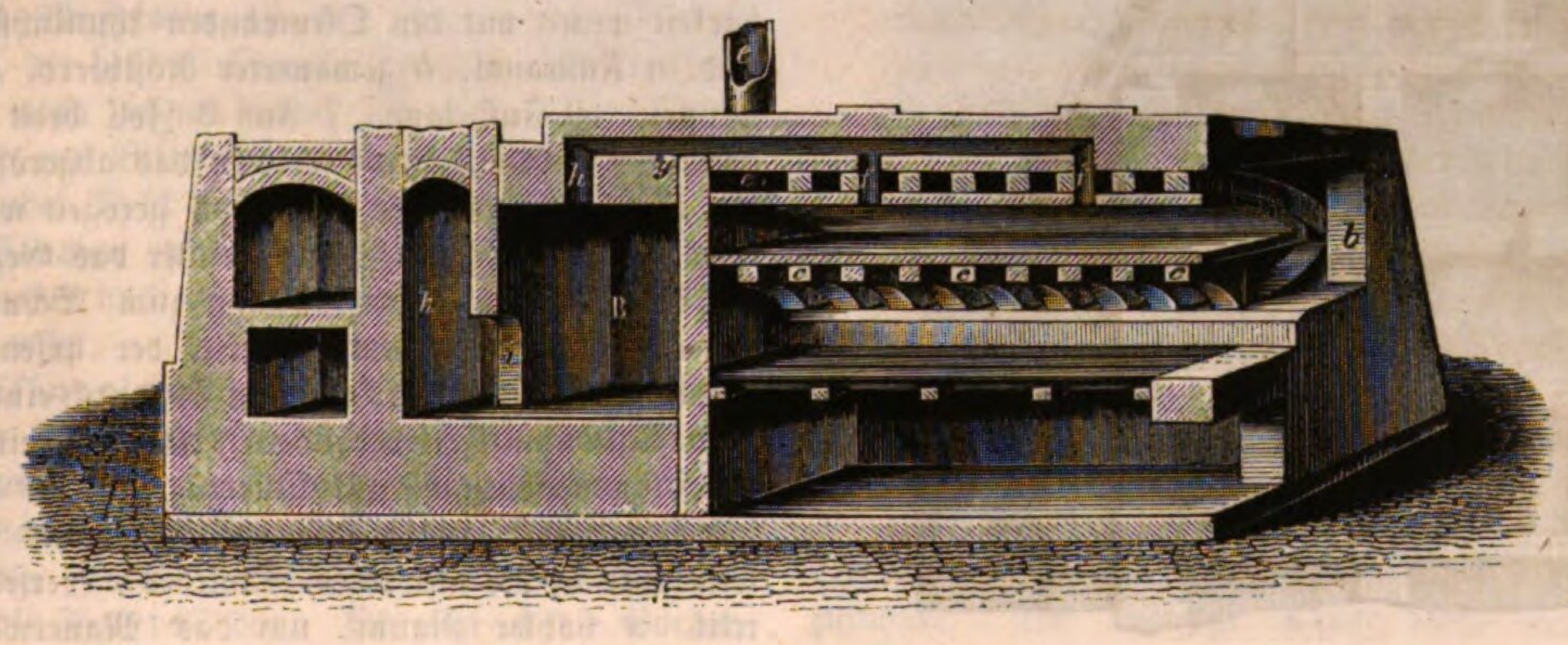
Da das Röstgut durch Oxydation seiner Bestandtheile selbst Wärme entwickelt, so ist der Brennmaterialienverbrauch verhältnißmäßig gering.

Ein Verlust an edlen Metallen ist bei einer derartigen Röstung weniger zu fürchten (Andreasberg), als bei einer anderen Röstmethode.

Zu Reichenstein, auf sächsischen Hütten etc. hat ein solcher Röstofen nachstehende Construction:

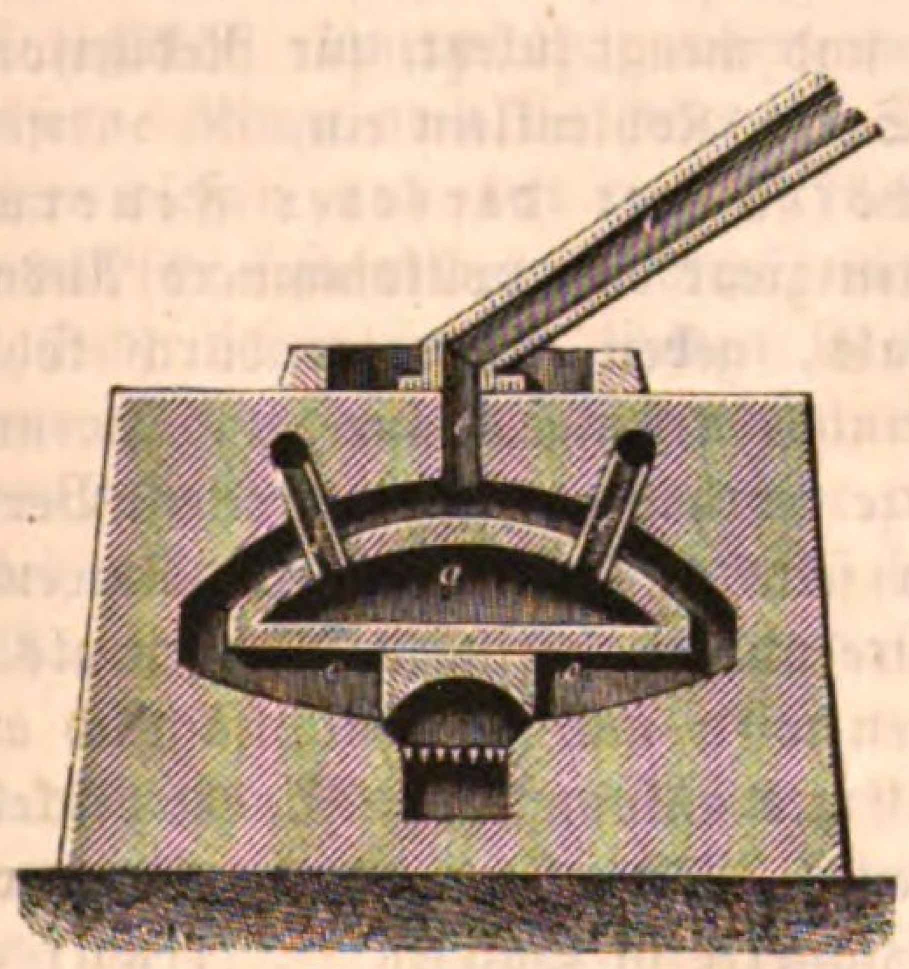
Fig. 143 giebt einen Längen- und Fig. 144 einen

Fig. 143.



Querdurchschnitt des Ofens, in denen dieselben Buchstaben dieselben Theile bezeichnen. Die Muffel des Ofens, wo das Erz zum Rösten beschickt wird, durch *a* bezeichnet, ist 11 Fuß lang, 7 Fuß breit und 2 Fuß 4 Zoll hoch, während *b* eine Thür vorn an der Muffel darstellt,

Fig. 144.



durch welche der Arbeiter die Schliechcharge einbringt und das erschöpfte Material wieder ausziehen kann. Die Buchstaben *ccc* stellen um die Muffel herumlaufende Züge dar, mit deren Hülfe der Rauch und die Steinkohlenflamme vom Feuer zu dem Hauptzuge *e*, welcher in den Schornstein führt, geleitet wird. Von der Muffel führen zwei Canäle *ff* zu zwei anderen *g*, welche in einen größeren *h*, in die für die Condensation der Säure bestimmte Kammer *B* auslaufenden münden. Durch die Oeffnung *i* gehen die in *B* nicht condensirten Säuredämpfe in den Canal *k* und von da durch *l*, Fig. 145, in die untere Abtheilung der Kammern *mnopqr*, welche den sogenannten Giftthurm bilden, wo die größte Menge der aus der Muffel entweichenden arsenigen Säure verdichtet wird, während die durch Oxydation eines Theils Schwefel bei Arsenkies gebildete aufsteigende schweflige Säure durch die Esse *s* entweicht.

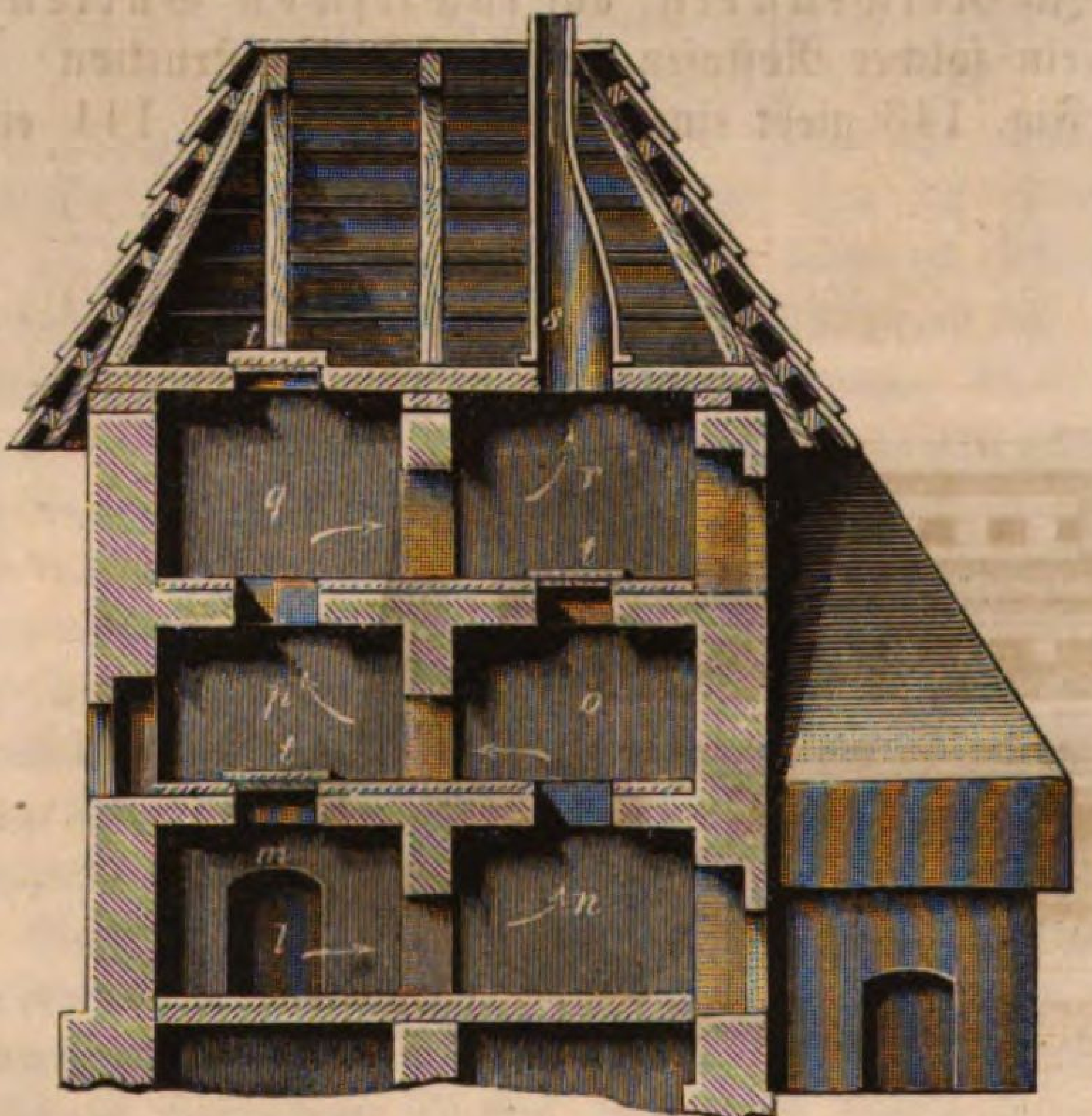
Etwa 10 Centner des zubereiteten Erzes oder sogenannten Schliechs machen eine Füllung aus, welche, durch die Oeffnung *b* eingetragen, auf dem Heerde des Ofens ungefähr 2 bis 4 Zoll hoch ausgebreitet werden.

Im Anfange muß das angewandte Feuer aufmerksam regulirt werden, bis die Masse in der Muffel der Rothglühhitze nahe kommt, wonach man die Temperatur bis zu einem gewissen Grade erniedrigen und auf diesem Punkte erhalten muß, bis die ganze Masse auf-

gearbeitet worden ist, welches in etwa 12 Stunden erreicht wird. Das erschöpfte Erz wird alsdann vorn herausgezogen und wie zuvor eine neue Füllung eingetragen. — Während der Röstung muß jedoch die Thür *b* offen gehalten werden, damit die Luft eintreten und die Metalle, besonders das Arsen, vermöge ihres Sauerstoffs oxydiren kann. — Der Luftstrom wird zwar in Folge der in dem Ofen erzeugten Hitze und der Neigung des Heerdes gegen das Vordertheil der Muffel hin verstärkt; aber dennoch ist ein öfteres Umkrählen der Masse erforderlich, um ihre vollständige Oxydation zu bewerkstelligen.

Fig. 145 stellt einen Durchschnitt des Giftthurms dar, in welchem die arsenige Säure in den Condensationskammern *mnopqr* zu einem feinen krystallinischen

Fig. 145.

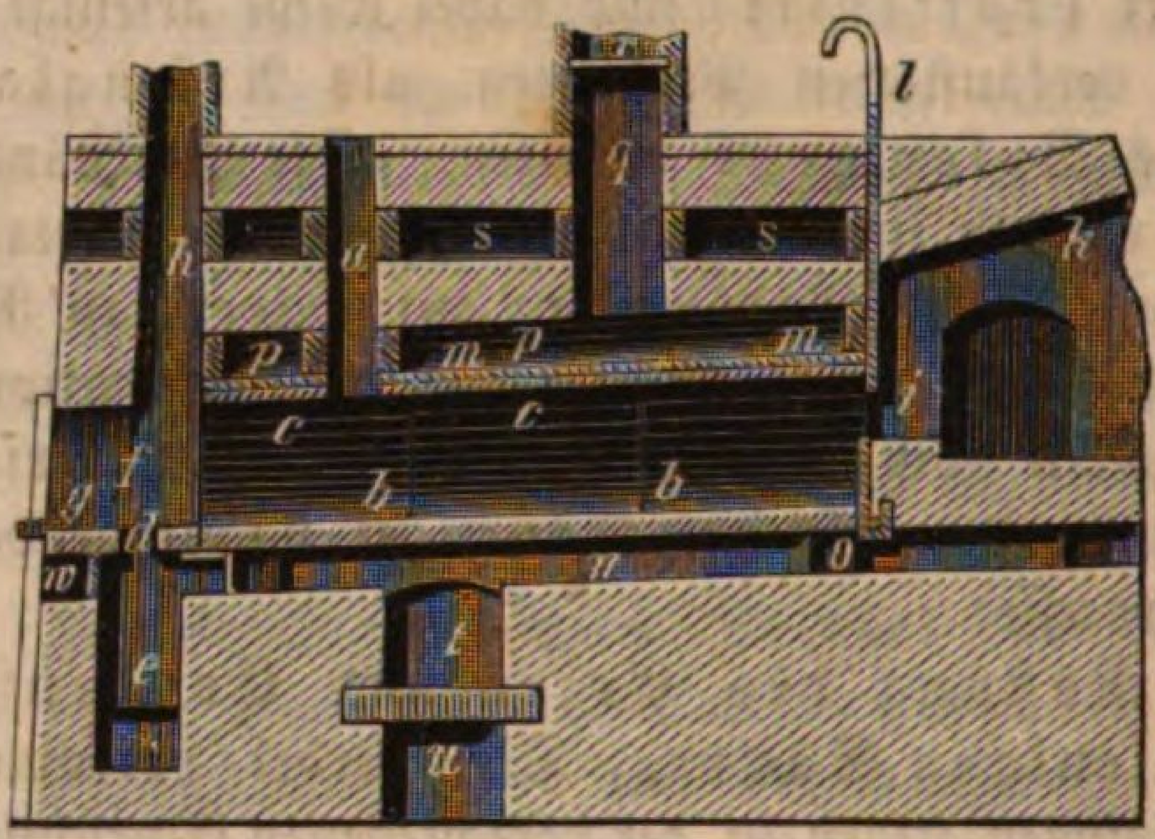


Pulver (Giftmehl) condensirt wird; die Dämpfe treten, wie oben erwähnt, bei *l* ein und folgen dann der Richtung der Pfeile, bis endlich die nicht condensirbaren Dämpfe durch die Esse *s* entweichen. In den letzten Kammern des Thurmes findet man das reinste Arsenmehl, wogegen das in den unteren Räumen unreiner ist. — Von Zeit zu Zeit werden die Deckel *ttt* weggenommen, um die ganze Menge der condensirten arsenigen Säure in den unteren Kammern zu sammeln, welche nach je 2 Monaten nur einmal ausgeleert werden und zur Zeit ungefähr 25 Tonnen der unreinen Verbindung liefern.

Die Reichensteiner Gruben liefern als Erze Arsenikalkies, weniger Arsenkies, welche 16 bis 61 Proc., im Durchschnitt 24 Proc. Erzschliech geben, der 52 bis 70 Proc., durchschnittlich 63 Proc. arsenige Säure enthält. Ein Posten Schliech von 8 Ctnr. ergiebt durchschnittlich 60 Proc. arsenige Säure, wovon etwa 20 Proc. als gutes Mehl verkäuflich sind. Die Rückstände von der Röstung (Arsenikabbrände) enthalten im Centner durchschnittlich $^1/_{18}$ Lth. Gold und man gewinnt daraus jährlich nach der Plattner'schen Methode durch Extraction mittelst Chlorgases 20 bis 21 Pfd. Gold.

Zu St. Andreasberger Silberhütte im Harze wird silberreicher Scherbenkobalt (gediegen Arsen) in einem nach dem Reichensteiner Ofen eingerichteten Muffelofen (Fig. 146) geröstet, wobei das Silber im Rückstande bleibt und durch Verbleiung desselben gewonnen wird, während arsenige Säure als Nebenproduct erfolgt.

Fig. 146.



Der Andreasberger Ofen hat eine gußeiserne, aus mehreren Theilen zusammengeschrobene Muffel, während der Reichensteiner einen gemauerten muffelförmigen Raum enthält, dessen Wände der besseren Haltbarkeit wegen mit den Ofenwänden thunlichst verbunden sind. *a* Füllcanal. *b* gemauerter Röstheerd. *c* gußeiserne Muffel, 10 Fuß lang, 7 Fuß 3 Zoll breit und 2 Fuß hoch. *d* Schlitz, durch welchen das abgeröstete Erz in den Raum *e* behuf des Erkaltens gezogen wird. *f* Arbeitsöffnung. *g* Walze, auf welcher das Gezäh aufliegt. *h* Esse hinter der Arbeitsöffnung zum Schutze der Arbeiter. *i* Oeffnung zum Austritt der arsenigen Säure in die gemauerten Giftkammern *k*, durch einen Schieber *l* im Querschnitt zu verändern. *m* Barnsteine. *n* Züge zur Flammenleitung, mit Querzügen *o* in Verbindung und mit dem Raum *p* communicirend, aus welchem die Feuerluft in die mit einem Schieber *r* versehene Esse *q* tritt. *s* hohler Raum, um das Mauerwerk weniger massiv zu machen. *t* Feuerung. *u* Aschenfall. *w* Oeffnungen zum Reinigen der Züge *n*.

Ein Posten von $4^1/_2$ Ctnr. Scherbenkobaltschliech röstet etwa 19 Stunden und es erfolgen von 100 Pfd. Schliech bei einem Aufwand von 9 Cubikfuß Buchenholz etwa 49 Pfd. graues Arsenikmehl und 51 Proc. Rückstand. Man feuert anfangs mäßig, rührt vorsichtig und anfangs nicht zu oft um, feuert dann gegen das Ende stärker und mengt zuletzt, zur Reduction gebildeter arsensaurer Salze, Kohlenklein ein.

2) Röstöfen mit directer Feuerung. Dieselben gestatten zwar eine vollkommnere Ausnutzung des Brennmaterials, geben aber eine durch kohlige Theile stark verunreinigte arsenige Säure und, wenn edle Metalle im Erze vorhanden sind, großen Verlust daran. Sie kommen selten und nur da in Anwendung, wo arsenige Säure nur in geringen Mengen als Nebenproduct gewonnen wird und es hauptsächlich auf die Abröstung des Erzes ankommt, z. B. bei Nickel-, Kobalt- und Zinnerzen. Man pflegt dann auch gewisse, beim Rösten der Zinnerze in Sachsen (s. Zinn) angedeutete Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, um möglichst reines Arsenikmehl zu erhalten.

3) Röstöfen mit Gasfeuerung. Dieselben sind den Muffelöfen vorzuziehen, weil sie eine vortheil-

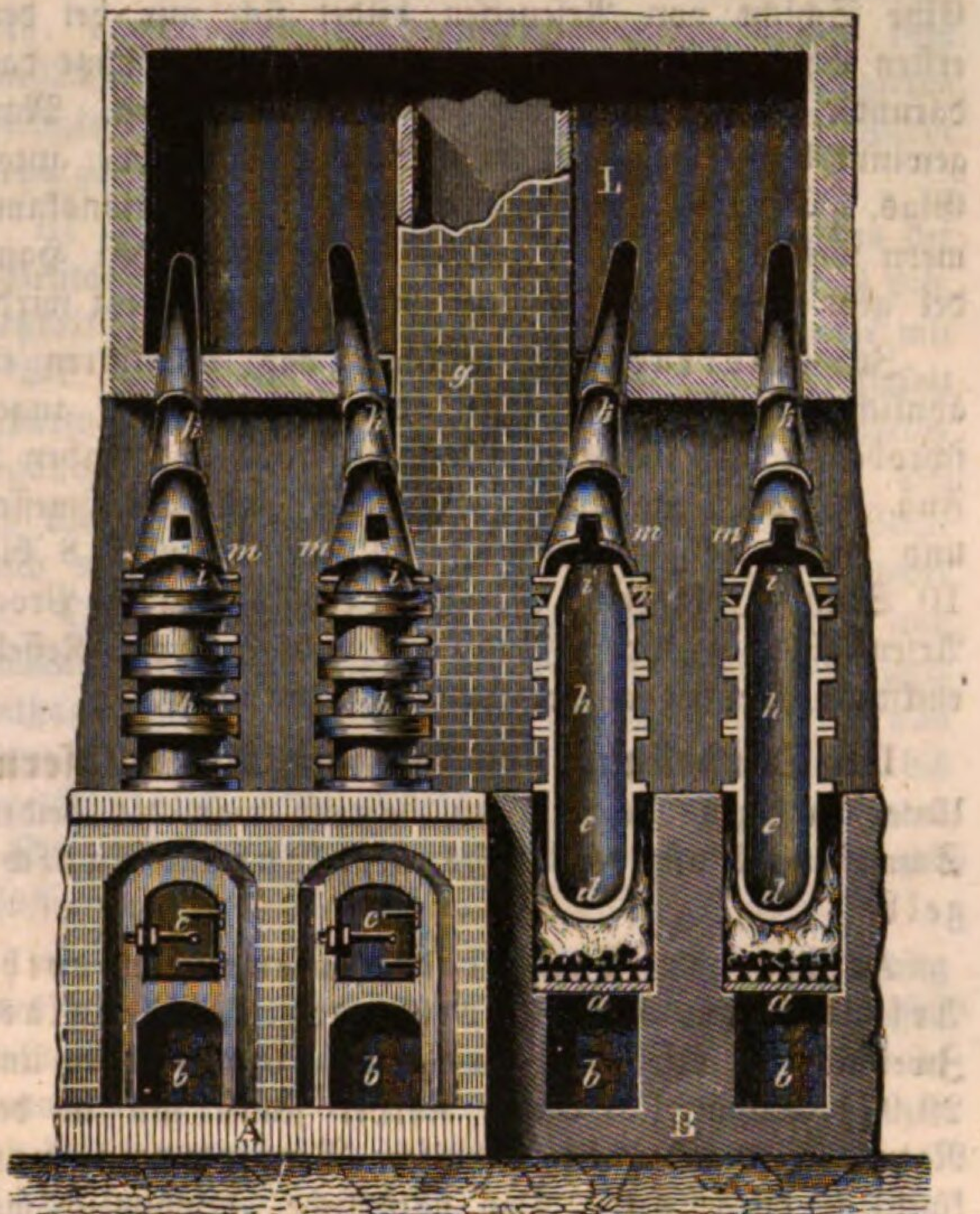
haftere Ausnutzung eines geringeren Brennmaterials zulassen; eine Verunreinigung der arsenigen Säure ist dabei nicht zu befürchten. Solche Gasöfen, wie sie z. B. zu Ribas in Spanien in Anwendung stehen, haben eine ähnliche Einrichtung, wie die in Freiberg angewandten Gasöfen zum Bleierzrösten (s. Blei). Während man im Muffelofen in 24 Stunden 20 Ctnr. Erz mit 6 Scheffel Steinkohlen abröstet und die Kosten für Brennmaterial auf 1 Ctnr. Erz 3 Groschen betragen, so lassen sich im Gasröstofen in derselben Zeit 60 Ctnr. Erz mit 4 Ctnr. Kohks abrösten und die Röstkosten für Brennmaterial betragen pro Centner Erz nur 1 Groschen.

Die zur Condensation der Dämpfe von arseniger Säure angewandten Vorrichtungen sind entweder gemauerte oder hölzerne über einander liegende Kammern (Giftthürme, z. B. zu Reichenstein Fig. 143, Andreasberg) oder lange, in Kammern mündende, häufig im Zickzack laufende Canäle (s. den sächsischen Zinnerzröstofen im Artikel Zinn). Liegende Canäle gestatten eine vollständigere Condensation als die Giftthürme, indem die Kammern, die im Innern des Gebäudes unter dem gemeinschaftlichen Dache sich befinden, sich sehr stark erhitzen. Bei Muffelöfen ist der Zug in den Thürmen unbedeutend, die heißen Dämpfe bewegen sich langsam, kühlen sich nicht schnell genug ab und geben dadurch Veranlassung zur Bildung größerer Krystalle, was, da man im Handel Mehl verlangt, unerwünscht ist. Bei liegenden Canälen und Gasflammöfen strömen die Dämpfe schneller nach den kälteren Theilen und werden rascher condensirt.

B) Raffination des Arsenikmehls, zur Entfernung der dem Mehle eine graue Farbe ertheilenden Beimengungen, sowie zur Umwandlung desselben in eine im Handel verlangte glasige Masse (weißes Arsenglas). Den zu diesem Zwecke in Reichenstein vorhandenen Apparat stellt die Fig. 147 dar. Es zeigt A die Vorderansicht der einen Hälfte und B einen Querdurchschnitt der anderen Hälfte, aa die Feuerroste, bb die Aschenlöcher, cc die Thüren und dd den Raum an, welcher für das angewandte Feuer erforderlich ist, um den Boden der Sublimirkessel gehörig umspielen zu können, während der Rauch durch den Schornstein g entweicht. — Die Sublimirkessel ee sind gewöhnlich aus Gußeisen verfertigt und werden mit dem rohen zu sublimirenden Arsenikmehl gefüllt. Unmittelbar über ihnen befinden sich breite eiserne Ringe oder Cylinder hh, welche als Condensatoren dienen und mit den Hauben ii, sowie mit den etwas schief stehenden trichterähnlichen Röhren kk bedeckt sind, deren engere Enden in die Condensationskammer L hineinragen. In diesen Röhren sind ferner Oeffnungen mm angebracht, welche das Einfügen eines Drahtes gestatten, um sie, sobald sie durch das sublimirte Material verstopft sind, mit dessen Hülfe zu reinigen.

Ein jeder Kessel, von 28 Zoll Tiefe und 19 Zoll Durchmesser, wird mit $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Ctnr. roher arseniger Säure gefüllt; die Cylinder hh (Trommeln) werden alsdann mit Hülfe der an ihnen befindlichen Handhabe in die gehörige Lage gebracht und die Vereinigungspunkte mit einem aus Lehm, Haaren und Blut zusammengesetzten Kitt gut verkittet; hierauf werden die Hauben ii, sowie auch die Röhren kk aufgesetzt und das Feuer angezündet. $\frac{1}{2}$ Stunde lang wendet man eine sehr mäßige Hitze an, die später bis zu einem höheren Grade gesteigert werden kann, der ausreicht, um die

Fig. 147.



Operation, ohne eine rasche Wirkung zu äußern, auszuführen. Die arsenige Säure steigt nun hierdurch theils als staubiger, weißer Körper auf und nimmt theilweise eine krystallinische Gestalt an; aber beide Formen schmelzen durch weiteren Einfluß der Wärme zu einer glasigen Masse. Ein Sublimat der Säure wird nur erhalten, wenn die Hitze zu schwach ist, während auf der anderen Seite, wenn die angewandte Wärme die gehörigen Grenzen überschreitet, viel Arsen in die Röhren k und den Condensator L getrieben wird. Nach Verlauf von 12 Stunden läßt man das Feuer erlöschen und löst, nachdem der Ofen erkaltet und die Cylinder abgenommen worden sind, die glasige Masse der arsenigen Säure ab. Zuweilen ist dieselbe mit dunklen Flocken von metallischem Arsen vermischt, in welchem Falle die ganze Masse von Neuem sublimirt oder wenigstens die unreinen Theile herausgesucht werden müssen, d. h. wenn diese letzte Operation sich auf zweckmäßige Weise anwenden läßt.

Das metallische Arsen, wenn es sich im Glase nachweisen läßt, ist entweder schon im Mehl enthalten oder entwickelt sich aus beim Rösten mit übergerissenem, nicht vollständig abgeröstetem Erzschlich. Wohl schwerlich dürfte eine Reduction im Glase selbst vor sich gehen, da ein Eindringen reducirender Gase in die Trommeln kaum möglich ist.

Auch eine gelbe Färbung, welche wohl irrthümlich

einem Schwefelgehalte zugeschrieben wird, kann durch das metallische Arsen herbeigeführt werden.

Die Raffinirkessel, welche in einem Stücke gegossen sind, werden nicht etwa durch Bildung von Arseneisen zerstört, sondern nur durchgebrannt an der Stelle des Bodens, der von der Flamme zumeist getroffen wird. Eine Schicht von Arseneisen bildet sich nur bei den ersten Chargen in der Dicke einer Linie und schützt das darunter liegende Eisen vor fernerer Einwirkung. Man gewinnt beim Raffiniren im Durchschnitt 90 Proc. gutes Glas. Daneben erhält man in den Condensationskammern weißes Sublimat, welches entweder in den Handel geht oder abermals beim Raffiniren zugesetzt wird.

Zu Andreasberg geschieht das Raffiniren in ähnlicher Weise. Die Kessel von Gußeisen mit angeschrobenem und auszuwechselndem Bodenstück haben 2 Fuß 4 Zoll Tiefe und 1 Fuß 10 Zoll Durchmesser und fassen $2\frac{1}{2}$ Ctnr. Giftmehl, welches nach 8 bis 10 Stunden bearbeitet ist. Man erhält etwa 89 Proc. Arsenikglas, 4 Proc. Sublimat und 7 Proc. Kesselrückstand, welcher wieder zur Röstung kommt.

III. Darstellung von farbigen Arsengläsern. Unter farbigen Arsengläsern begreift man die beiden Schwefelungsstufen des Arsens, Realgar und Rauschgelb.

A. Realgar, Sandarach, Arsenrubin, rothe Arsenblende, Rauschroth, rothes Arsenglas, Zweifach-Schwefelarsen, AsS_2, mit 70,029 Arsen und 29,971 Schwefel. Dieser Körper findet sich in der Natur, wird aber für technische Verwendungen meist künstlich dargestellt. Das natürliche, gewöhnlich mit anderen Arsenerzen oder in vulcanischen Gegenden (z. B. in den Kratern des Vesuvs und Aetnas) vorkommende Mineral unterscheidet sich durch die geringe Härte 1,5, geringeres specifisches Gewicht von 3,556 und orangegelben Strich leicht von Rothgültigerz und Zinnober, welche einen cochenillrothen Strich haben. Das Mineral sowohl, als das künstliche Product besitzt bei muschligem Bruche eine morgenrothe ins Hyacinthrothe und Braune übergehende Farbe, läßt sich bei mäßiger Hitze schmelzen und sublimiren. Realgar ist leichtflüchtiger, als Rauschgelb, und letzteres flüchtiger als arsenige Säure; ist in Wasser, Weingeist und Salzsäure unlöslich, in Salpetersäure, Königswasser, Aetzalkalien und alkalischen Erden löslich; wird durch Cyankalium in höherer Temperatur unvollständig zerlegt, indem nur unter Verflüchtigung von Arsen neben Schwefelcyankalium ein nicht weiter zersetzbares Schwefelsalz des Arsens entsteht.

Dieser Körper findet hauptsächlich nachstehende Verwendung:

a) als Malerfarbe, jedoch fast ganz durch chromsaures Bleioxyd verdrängt;

b) in der Feuerwerkerei zur Hervorbringung intensiver weißer Flammen, z. B. zum Indianischen Weißfeuer, wozu eine Composition von 24 Salpeter, 7 Schwefelblumen und 2 Realgar verwandt wird;

c) zur Schrotfabrikation, wobei das Arsen ins Blei geht und der Schwefel einen Kupfergehalt des letzteren ausscheidet;

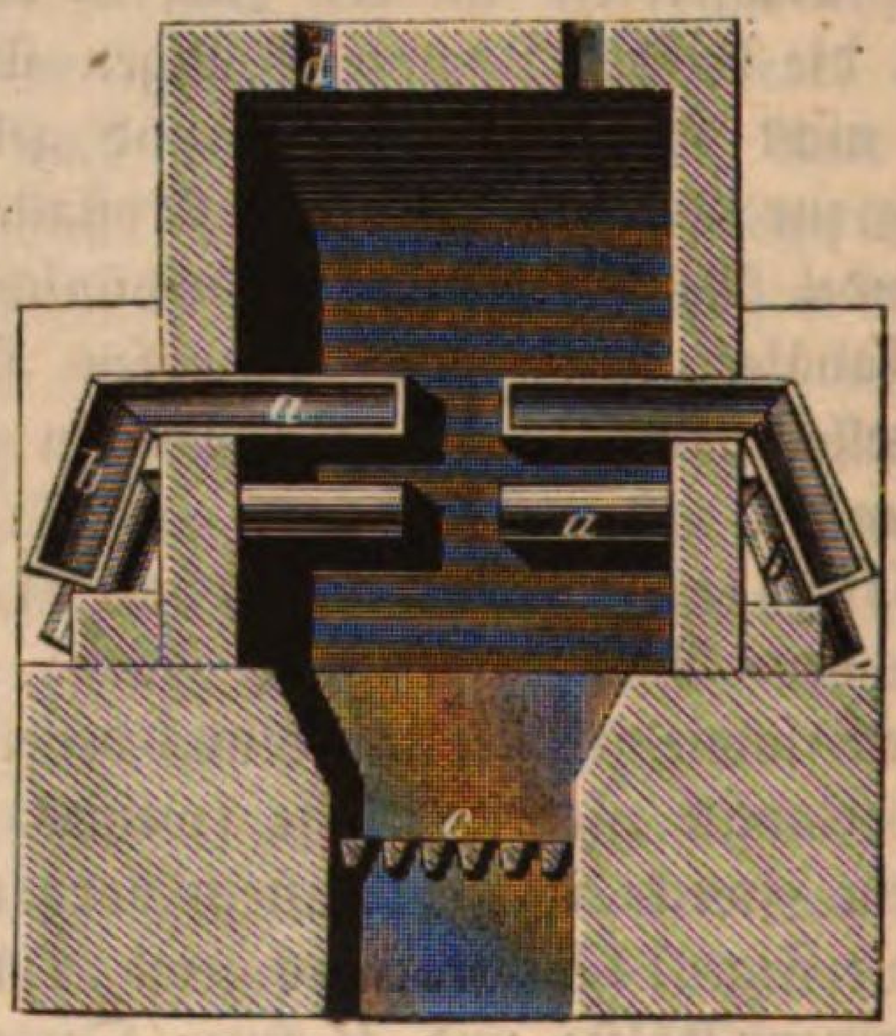
d) in der Kattundruckerei und Färberei als Reductionsmittel für den in Wasser unlöslichen oxydirten Indigo.

Darstellung des Realgars im Großen. Dieselbe kann geschehen:

1) durch Erhitzen eines Gemenges von gleichen Theilen Schwefel- und Arsenkies in Thonröhren mit Vorlagen, wobei sich letztere mit sublimirtem Realgar anfüllen. Der Schwefelkies liefert den Schwefel, der Arsenkies das Arsen. Nach stöchiometrischen Verhältnissen müßte man auf 130,4 Schwefelkies 152,1 Arsenkies nehmen, um 100 Realgar zu erzeugen; in der Wirklichkeit nimmt man von beiden gleiche Theile. Das Erhitzen der Thonröhren geschieht in denselben Galeerenöfen, wie sie zur Darstellung des Fliegensteins verwandt werden.

Auf sächsischen Hütten liegen 22 Röhren *a* (Fig. 148) von 2 Fuß Länge und 5 Zoll Weite und mit den $1\frac{1}{2}$ Fuß langen und 6 Zoll weiten Vorlagen *b*

Fig. 148.



versehen über einer gemeinschaftlichen Feuerung *c*. Im Gewölbe befinden sich Flammenzüge *d*. Man füllt die Röhren zu $\frac{2}{3}$ mit dem Erzgemenge, lutirt die Vorlagen an und erhitzt die Röhren allmälig bis zum Rothglühen, wobei Wasserdämpfe etc. durch eine kleine Oeffnung in den nicht besonders abgekühlten Vorlagen entweichen. Nach 10- bis 12stündiger Feuerung läßt man den Ofen allmälig erkalten, nimmt aus den Vorlagen das sublimirte streifige Rohglas und schmilzt dasselbe, um ihm eine homogene Farbe zu ertheilen, bei rasch bis zur Rothgluth gesteigerter Hitze in schräg über eine Feuerung gestellten 3 Fuß langen Cylindern von Schwarzblech oder in eingemauerten gußeisernen Pfannen von 2 Fuß 6 Zoll Länge, 8 Zoll Breite und 1 Fuß 6 Zoll Höhe um. Nach dem Einschmelzen (Läutern) zieht man die Unreinigkeiten ab, holt mit einem Rundeisen von Zeit zu Zeit Proben, um die Farbennüance zu beurtheilen, und setzt, je nachdem man ein dunkleres oder helleres Product haben will, unter stetem Umrühren mit einem eisernen Stabe Schwefel oder Arsen zu. Sobald der richtige Farbenton erreicht ist, das Glas vom Stabe dünn abfließt und nach dem Erkalten sich dicht zeigt, zieht man die Unreinigkeiten noch mehrmals ab und läßt die flüssige Masse in Formen von Eisenblech ab,

worin sie bei aufgelegtem Deckel erstarrt. Die erfolgenden Barren werden zerschlagen und so in den Handel gebracht.

In ähnlicher Weise werden zu Ribas in Spanien aus 8 Ctnr. Beschickung, halb Schwefel-, halb Arsenkies, innerhalb 6 bis 7 Stunden etwa $1^1/_2$ Ctnr. Rohglas erhalten, welches in Quantitäten von 4 Ctnr. in 2 Stunden abgeläutert wird. Zu den dunkleren Sorten fügt man hierbei 40 bis 50 Pfd. und zu den helleren etwa 30 Pfd. Schwefel hinzu. Die Sublimirröhren haben von innen nach außen ein Ansteigen, weil dabei die Gluth in denselben weniger in die Vorlagen spielt und das gewonnene Product minder verzehrt.

2) Durch Erhitzen und Sublimiren eines Gemenges von Arsenikalkies mit rohem Schwefel. Zu Reichenstein werden in denselben Galeerenöfen, welche zur Darstellung des Fliegensteins dienen, 26 Röhren mit einem Gemenge von 5 Ctnr. röschem Erzschlich und 78 Pfd. Rohschwefel besetzt und durchschnittlich $1^1/_2$ Ctnr. rohes Glas erhalten. Bei dessen Raffiniren in gußeisernen Pfannen werden auf 4 Ctnr. noch 60 Pfd. raffinirter Schwefel zugesetzt und gegen 4 Ctnr. 27 Pfd. guter Realgar gewonnen. Die Rückstände von der Sublimation werden im Muffelofen abgeröstet, wo sie noch etwa 35 Proc. arsenige Säure geben.

3) Durch Zusammenschmelzen von metallischem Arsen und Schwefel. Bei diesem weniger üblichen Verfahren wird nach Georgi zuerst der bestraffinirte Schwefel in einer eisernen Schale bei gelinder, 120° C. nicht übersteigender Temperatur eingeschmolzen und nach und nach unter Umrühren mit einem eisernen Stabe das gepulverte metallische Arsen zugesetzt. Dann bedeckt man die Schale und steigert ganz allmälig die Temperatur bis zum gleichförmigen Zusammenschmelzen der Masse, was man mit einem eisernen Stabe untersucht. War der Schwefel sehr rein, so erhält man ein gutes Product, welches aber nicht sublimirt werden darf, weil sich dabei nach einander verschiedene Sublimate bilden, zuerst Schwefel und gelbes Schwefelarsen, dann schwefelreiches Arsen von prächtig hellrubinrother Farbe und zuletzt eine dunkle, fast schwarze, arsenreiche Verbindung.

Durch Erhitzen von arseniger Säure mit Schwefel erzeugt sich kein von ersterer freies Product, welches für manche Zwecke weniger anwendbar sein kann, z. B. zur Reduction des Indigos, zur Hagelgießerei 2c. Auch die auf vorstehende Weise dargestellten Realgarsorten enthalten wahrscheinlich arsenige Säure, denn sie wirkten giftig, während ein Hund die natürlich vorkommende Verbindung bis zu $^1/_2$ Lth. vertrug; auf das Zellgewölbe gebracht wirkte sie aber ebenfalls tödtlich.

B. Rauschgelb, Auripigment, Operment, gelbes Arsenglas, Dreifach-Schwefelarsen, AsS_3, mit 60,9 Arsen und 39,1 Schwefel, kommt ebenfalls in der Natur vor, wird aber für die Zwecke der Industrie meist künstlich dargestellt. Dasselbe besitzt einen muschligen Bruch, eine glänzend citron- oder orangegelbe Farbe, die beim Zerreiben ein pomeranzenfarbiges Pulver giebt. Die Löslichkeitsverhältnisse sind wie die des Realgars, nur läßt sich aus demselben zufolge seiner Bereitungsweise durch Wasser arsenige Säure ausziehen, weshalb dasselbe viel giftiger als Realgar ist.

Die Anwendung des Rauschgelbs ist eine verhältnißmäßig geringe, nämlich:

a) als Malerfarbe unter dem Namen Königsgelb, wobei man das natürliche Schwefelarsen dem künstlichen wegen seiner schönen Farbe und geringeren Giftigkeit vorzieht. Durch Chromblei ist diese Farbe wohl ganz verdrängt;

b) als Haarvertilgungsmittel (Rhusma der Orientalen). Um dasselbe zu bereiten, mengt man 4 Lth. Aetzkalk mit 1 Lth. Rauschgelb, kocht das Gemenge mit 1 Pfd. starker Kalilauge und untersucht die Flüssigkeit dadurch auf ihre Stärke, daß man in dieselbe eine Feder eintaucht, deren Fahne sich alsbald ablösen muß. Bei der Anwendung reibt man die zu enthaarende Stelle rasch mit dem Rhusma ein und wäscht sogleich wieder ab. Das Rhusma enthält arsensaure Kalkerde und Calciumsulpharsen. Weniger schädliche, ebenfalls gute Enthaarungsmittel erhält man durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in breiförmiges Kalkhydrat bis zur Sättigung oder Anrühren eines Gemenges von 3 Schwefelnatrium, 10 Aetzkalk und 10 Amylon mit Wasser;

c) in der Färberei, früher zur Hervorbringung eines sehr dauerhaften und glänzenden Gelbs, vom tiefen Goldgelb bis zum hellsten Strohgelb, indem dasselbe in Ammoniak gelöst, Seidewaaren durch die Lösung gezogen und das Ammoniak in der Wärme verdunstet wurde.

Darstellung des Rauschgelbs im Großen. Man erhitzt zu Reichenstein ein Gemenge von arseniger Säure mit 5 Proc. gepulvertem Schwefel in den Raffinirkesseln für weißes Arsenglas vorsichtig bei allmälig steigender Temperatur bis zu Rothgluth, wobei Dämpfe von Rauschgelb sich erheben und in den Trommeln zu einer glasigen Masse zusammenschmelzen. Bei höherer Temperatur entweichen viel Dämpfe uncondensirt in die Flugstaubkammern, bei zu schwachem Feuer entsteht in den Trommeln viel pulverförmiges Rauschgelb. Setzt sich an einem in den Hut eingebrachten Eisenstab kein Beschlag mehr an, so unterbricht man die Operation, nimmt das Glas aus der Trommel, unterwirft dasselbe einer nochmaligen Sublimation, sucht die guten Stücke aus und giebt die schlechten zur nächsten Beschickung.

Auch sondert man wohl nach der ersten Sublimation das gute Gelb als Handelswaare ab, schmilzt das streifige Gelb nochmals um und giebt das Pulver zum nächsten Sublimiren.

Das Rauschgelb des Handels weicht in seiner Zusammensetzung wesentlich von dem natürlichen Minerale ab, indem dasselbe zum größten Theile aus arseniger Säure besteht und nur wenig eigentliches Operment enthält. Guibourt fand darin 49 Proc. arsenige Säure und 6 Proc. Dreifach-Schwefelarsen. Die Zusammensetzung schwankt je nach der Farbennüance. Nach Winkler und Thiel enthalten die helleren Sorten bis 97, die dunkleren 1 bis 15 Proc. arsenige Säure. Gewöhnlich sucht man das Verhältniß der Ingredienzien zur Hervorbringung einer bestimmten Nüance durch

Versuche im Kleinen festzustellen. Das stöchiometrische Verhältniß ($2\,AsO_3 + 9\,S = 2\,AsS_3 + 3\,SO_2$, also 100 arsenige Säure auf 73 Schwefel) giebt kein schönes Product.

Schon 2 Proc. Schwefel ertheilen der arsenigen Säure eine gelbe Farbe. Ueber einen Antimongehalt in dem künstlichen und natürlichen Realgar liegen keine Beobachtungen vor; sowie auch ein Gehalt an arseniger Säure in letzterem noch nicht evident nachgewiesen ist, obgleich Berzelius einen solchen darin vermuthet und er nach Volger's Ansicht vorhanden sein kann, indem Auripigment aus Realgar unter Abscheidung von arseniger Säure entstehen soll.

Das aus Lösungen von arseniger Säure durch Schwefelwasserstoffgas gefällte Schwefelarsen kommt, wohl wegen seiner Verunreinigungen mit anderen Schwefelmetallen, nicht als Handelswaare vor, obgleich sich dasselbe zuweilen als Nebenproduct, z. B. bei der Reinigung der Schwefelsäure von Arsen (Okerhütte) erzeugt.

IV. Darstellung von arsensaurem Natron. Das einbasische arsensaure Natron, $NaO.AsO_5$ von der Zusammensetzung:

Natron	21,2
Arsensäure	78,8
	100,0

wird in neuerer Zeit häufig statt des Kuhkothes in der Färberei angewandt. Ein in einer englischen Fabrik dargestelltes derartiges Product von krystallinisch-fasrigem Gefüge und grünlich weißer Farbe hatte nach Streng folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	Verhältniß.
Natron	24,6	6,31	1
Arsensäure	73,4	25,53	4
Arsenige Säure	2,3	0,56	
	100,3		

enthielt demnach nicht nur arsenige Säure, sondern stellte sich auch als ein Gemenge von zweibasischem und einbasischem arsensaurem Natron heraus.

Der stöchiometrischen Berechnung zufolge entsteht durch Erhitzen von 8 Gew.-Th. arseniger Säure mit 7 Gew.-Th. Natronsalpeter das einbasische Salz. Versuche von Streng im chemischen Laboratorium zu Clausthal haben jedoch ergeben, daß ein der englischen Musterprobe sehr nahe kommendes Product erfolgt, wenn man 30 Th. Natronsalpeter mit 36 bis 37 Th. arseniger Säure in einem geräumigen Tiegel anfangs nur schwach erhitzt, nach 6 bis 9 Stunden die Temperatur steigert und den ganzen Proceß 12 bis 18 Stunden dauern läßt, dann das Product langsam abkühlt. Wird im Anfang zu stark erhitzt, so schäumt die Masse unter lebhafter Entwicklung von salpetriger Säure leicht über. Damit möglichst wenig arsenige Säure im Product zurückbleibt, ist ein anhaltendes Erhitzen bei Luftzutritt erforderlich, aber dann auch verwandelt sich die arsenige Säure nie ganz vollständig in Arsensäure, wie die Zusammensetzung der Musterprobe erweist, bei deren Herstellung ein Gemisch von 40 Pfd. 12 bis 18 Stunden erhitzt sein soll. Je mehr arsenige Säure zurückbleibt, um so zerfließlicher wird das Product. Bei raschem Erkalten desselben erhält man eine amorphe, halb glas-, halb porzellanartige Masse, während beim langsamen Erkalten das im Handel begehrte krystallinische Product entsteht. Thongefäße werden bei der anhaltenden Erhitzung vom Natronsalpeter leicht durchgefressen.

Kerl.

Verbindungen des Arsens. In seinen Verbindungen ist das Arsen dem Phosphor sehr ähnlich und verhält sich gegen die übrigen Elemente fast ganz wie dieser. Auf der anderen Seite ist es isomorph mit dem Antimon und Tellur, kann namentlich das Antimon in allen seinen Verbindungen vertreten. Man rechnet aus diesen Gründen Arsen und Antimon, obgleich ihre physikalischen Eigenschaften mit denen der eigentlichen Metalle übereinstimmen, zu den nicht metallischen Elementen oder Metalloiden. Arsen und Antimon bilden dann die Endglieder einer Gruppe von Elementen, zu der außerdem Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor gehören.

Von den Verbindungen des Arsens sind die wichtigsten:

Arsenige Säure AsO_3,
Arsensäure AsO_5,
Dreifach-Chlorarsen $AsCl_3$,
Zweifach-Schwefelarsen AsS_2,
Dreifach-Schwefelarsen AsS_3,
Fünffach-Schwefelarsen AsS_5.

Es sind mithin im Wesentlichen dieselben Verbindungen, die früher ausführlich beim Antimon beschrieben sind. Die arsenige Säure entspricht dem Antimonoxyd. Während aber das Antimonoxyd jedenfalls eine sehr schwache Säure ist und aus seinen Verbindungen mit Alkalien schon durch Kohlensäure gefällt wird, kommen der arsenigen Säure entschieden saure Eigenschaften zu, sie zersetzt lösliche kohlensaure Salze mit Leichtigkeit. Ebenso wie das Antimonoxyd sich mit manchen Säuren verbindet, so thut dieses auch die arsenige Säure, sie giebt beim Erwärmen mit saurem weinsaurem Kali einen Brechweinstein, in welchem Antimon durch Arsen vertreten ist.

Die Arsensäure stimmt in ihrer Zusammensetzung mit der Antimonsäure überein. Beide unterscheiden sich aber in ihrer Basicität. Antimonsäure kommt in zwei verschiedenen Modificationen vor, als einbasische und als zweibasische Säure. Von der Arsensäure kennt man dagegen nur eine Modification, sie ist immer dreibasisch und hat in ihren Salzen die größte Aehnlichkeit mit der dreibasischen Phosphorsäure, insofern mit einem Aequivalent sogenannter wasserfreier Arsensäure immer drei Aequivalent Base verbunden sind. Aber wie die dreibasische Phosphorsäure, so bildet auch die Arsensäure drei Reihen von Salzen, in denen entweder drei Aequivalent Metalloxyd (RO) oder zwei Aequivalent Metalloxyd und ein Aequivalent basisches Wasser, oder endlich ein Aequivalent Metalloxyd und zwei Aequivalent basisches Wasser enthalten sind. Die arsensauren Salze entsprechen daher den Formeln:

$$3\,RO.AsO_5.$$
$$2\,RO.HO.AsO_5.$$
$$RO.2\,HO.AsO_5.$$

Bezieht man die Arsensäure als dreibasische Säure auf den Typus $\left.\begin{matrix}H_3\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$, so ist ihre Formel $\left.\begin{matrix}\overset{'''}{As}O_2\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$, worin die Verbindung AsO_2 als äquivalent mit 3 H gilt. Ihre Salze sind dann:

$$\left.\begin{matrix}\overset{'''}{As}O_2\\R_3\end{matrix}\right\}O_6 \quad \left.\begin{matrix}\overset{'''}{As}O_2\\R_2H\end{matrix}\right\}O_6 \quad \left.\begin{matrix}\overset{'''}{As}O_2\\RH_2\end{matrix}\right\}O_6.$$

Von den Chlorverbindungen ist nur das Dreifach-Chlorarsen bekannt, welches durch directe Verbindung von Arsen mit Chlor als ölige, wasserhelle Verbindung erhalten wird und dem Dreifach-Chlorantimon entspricht. Die dem Fünffach-Chlorantimon analoge Arsenverbindung ist nicht bekannt.

Es giebt drei Schweflungsstufen des Arsens. Die niedrigste ist der Realgar oder Zweifach-Schwefelarsen AsS_2, welche oben beschrieben ist (S. 663). Die diesem entsprechende Antimonverbindung fehlt. Das Dreifach- und das Fünffach-Schwefelarsen sind dagegen dem Dreifach- und dem Fünffach-Schwefelantimon durchaus analog und bilden sich auf dieselbe Weise wie diese Verbindungen.

Mit Schwefelsalzen verbindet sich das Dreifach- und das Fünffach-Schwefelarsen ebenso wie die Antimonverbindungen zu Sulfarseniiten und Sulfarseniaten; ganz ähnliche Salze bildet auch das Zweifach-Schwefelarsen, es sind die Hyposulfarseniite nach der Formel $RS \,.\, AsS_2$.

Außer den oben ausführlich beschriebenen Verbindungen ist noch von technischer Bedeutung die

Arsensäure AsO_5. Sie wird nach Kopp in neuerer Zeit fabrikmäßig dargestellt und soll beim Zeugdruck als Beize angewandt werden, um die theure Weinsäure zu ersetzen. Sie wird durch Oxydation der arsenigen Säure dargestellt. Man läßt auf 400 Kilogr. gepulverte arsenige Säure 300 Kilogr. Salpetersäure von 1,35 spec. Gew. in eine Cisterne von 1500 Liter Inhalt fließen. Aus welchem Material diese Cisterne dargestellt sein soll, ist in der Abhandlung von Kopp nicht angegeben, doch ist wohl kein anderes Material wie ein sehr dichter Sandstein dazu verwendbar. Die Reaction beginnt fast augenblicklich und durch stete Erhöhung der Temperatur tritt ein lebhaftes Kochen ein, während sich eine bedeutende Menge salpetrige Säure und Untersalpetersäure entwickelt. Um diese wieder in Salpetersäure zu verwandeln und um den schädlichen Einfluß der Gase auf die Vegetation zu verhüten, leitet man die Dämpfe mit Luft und Wasserdampf gemischt durch einen langen Canal sehr weiter Steinzeugröhren und aus diesem in eine hohe stark ziehende Esse. Die Röhren sind mit Kohks gefüllt, die durch Wasser oder verdünnte Salpetersäure einer früheren Condensation stets feucht erhalten werden. Man gewinnt auf diese Weise zwei Drittel bis drei Viertel der angewandten Salpetersäure wieder, allerdings als eine verdünnte Säure von 1,15 bis 1,18 spec. Gew. Nach etwa 24 bis 36 Stunden ist die Oxydation beendet, man kann dann die klare und flüssige Arsensäure, welche die Consistenz der concentrirten Schwefelsäure hat, mit einem Bleiheber abziehen; geringe Spuren von arseniger Säure, welche noch in der Flüssigkeit enthalten sein könnten, kann man durch Zusatz von 0,1 bis 0,2 Proc. Salpetersäure oxydiren.

Eigenschaften. In der auf diese Weise erhaltenen flüssigen Arsensäure bilden sich öfters bei einer Temperatur unter 15° C. klare durchsichtige Krystalle, wodurch die Säure halbflüssig erscheint. Diese Krystalle sind bald verlängerte Prismen, bald rhombische Blättchen. Sie sind äußerst zerfließlich und lösen sich außerordentlich leicht in Wasser, wobei die Temperatur und die Flüssigkeit öfters um 15° C. sank. Die Krystalle enthalten 24 Proc. Wasser, ihre Zusammensetzung ist daher $AsO_5 + 4$ aq. Es ist dies die dreibasische Arsensäure mit 1 Atom Krystallwasser. Beim Erhitzen der Krystalle auf 100° schmelzen dieselben und verlieren Wasser, während sich ein weißlicher Niederschlag bildet. Dieser besteht aus kleinen Nadeln und scheidet sich in Form eines dicken Rahms ab, er enthält ungefähr 19 Proc. Wasser und hat die Zusammensetzung $AsO_5 +$ 3 aq.

Dieses Hydrat erhält man auch bei kleinen Mengen des Materials sehr leicht, wenn man irgend eine Arsensäurelösung lange Zeit im Wasserbade erhitzt. Es löst sich leicht in Wasser, ohne jedoch dabei die Temperatur merklich zu verändern.

Aus diesem Hydrat, $AsO_5 + 3$ aq., kann man die Säure $AsO_5 + 4$ aq. erhalten, deren Darstellung im Kleinen mit einigen Schwierigkeiten verknüpft ist. Verdampft man nämlich eine Arsensäurelösung im Wasserbade bis auf ein specifisches Gewicht von 2,2, so scheidet sich beim Erkalten die Säure $AsO_5 + 3$ aq. als weißer Rahm ab, während sich darüber eine klare und fast ölige Mutterlauge ansammelt. Nimmt man nun gleiche Theile dieser Flüssigkeit und des weißen Niederschlags, löst letzteren in etwas mehr als der Hälfte seines Volums Wasser und gießt diese Lösung zu der Mutterlauge, so bilden sich nach einiger Zeit viele Krystalle von $AsO_5 + 4$ aq.

Dampft man eine Arsensäurelösung bei 140 oder 180° ab, so erscheinen nach und nach andere Krystalle (scheinbar gerade Prismen), welche hart und glänzend sind und stark an einander haften, sie enthalten 13,5 Proc. Wasser und haben die Zusammensetzung $AsO_5 +$ 2 aq.

Die Mutterlauge dieser Krystalle hat bei 16° ein specifisches Gewicht von 2,365, bei 100° dagegen 2,277. Es ist dies also eine der schwersten Flüssigkeiten.

Dieses Bihydrat der Arsensäure löst sich leicht in Wasser und unter bedeutender Erhöhung der Temperatur. Erhält man dessen sehr concentrirte Lösung einige Zeit auf 200° und steigert dann die Temperatur vorsichtig bis auf 206°, so beobachtet man bei einem gewissen Zeitpunkt die Umwandlung des Bihydrats in das Monohydrat. Die Flüssigkeit, aus der bis dorthin kaum Wasserdampf entwichen ist, trübt sich dann plötzlich, wird teigartig und verwandelt sich in eine perlglänzende weiße Masse. Zu gleicher Zeit bilden sich in der Masse Krater, aus welchen Wasserdampf mit großer Kraft entweicht.

Diese perlglänzende Masse enthält 7,3 Proc. Wasser und ist das Monohydrat der Arsensäure, $AsO_5 +$ aq. Dieses Hydrat, welches nicht ganz leicht frei von wasser-

freier Säure erhalten wird, löst sich langsam in kaltem Wasser, in etwas erwärmtem Wasser löst es sich aber leicht und unter großer Wärmeentwicklung.

In allen solchen Auflösungen ist die Arsensäure als das gewöhnliche Trihydrat enthalten. Alle diese verschiedenen Säuren liefern in der Dunkelrothglühhitze wasserfreie Arsensäure. Diese hat nicht mehr die Eigenschaften einer Säure, sie ist ohne Reaction auf Lackmus, unlöslich im Wasser, Ammoniak ꝛc. Sie kann ganze Tage der feuchten Luft ausgesetzt werden, ohne feucht zu werden; endlich aber zerfließt sie und geht in das Trihydrat über. In der Rothgluth zersetzt sie sich, ohne zu schmelzen, in Sauerstoffgas und arsenige Säure. Die wasserfreie Säure kann jedoch zum Schmelzen gebracht werden, wenn man eine große Menge plötzlich zum Kirschrothglühen erhitzt, wobei sich der größte Theil zersetzt und verflüchtigt, während ein kleiner Theil von gelblichweißer Farbe zurückbleibt. Die Gegenwart von sehr wenig Alkali erhöht die Schmelzbarkeit außerordentlich.

Bevor die Darstellung der Arsensäure den Arbeitern überlassen werden konnte, mußten Versuche über ihre Wirkung auf den Organismus gemacht werden, welche Folgendes ergeben haben.

Wasserfreie Arsensäure erzeugt, auf die Haut gebracht, bald Blasen, den Brandblasen ähnlich. Die entstehenden Geschwüre heilen leicht. Bringt man die Hände oft in Berührung mit einer bis zum Verschwinden der sauren Reaction verdünnten Arsensäurelösung, so fühlt man anfangs keine Schmerzen, allmälig aber stellen sich besonders unter den Nägeln schmerzhafte Empfindungen ein, welche immer stärker werden, während die Finger endlich bis zum doppelten Volum anschwellen. Die Geschwulst ergreift endlich sogar den Vorderarm, und es treten Fieberzufälle ein. Dieses Uebel kann aber durch Vorsicht und öfteres Waschen der Hände mit Kalkwasser sehr bald beseitigt werden.

Der Verfasser fühlte sich während seiner zweimonatlichen Beschäftigung mit Arsensäure wohl, jedoch konnte im Excrement und Harn Arsen nachgewiesen werden. Sein Körpergewicht nahm während dieser Zeit um 10 Kilogr. zu, sank aber nach 9 bis 10 Wochen wieder auf das frühere Gewicht von 75 Kilogr.

E. Kopp will die Arsensäure anstatt der Weinsäure in der Zeugdruckerei einführen, wodurch jährlich mehrere Tausend Kilogramm Arsensäure verwerthet und Weinsäure erspart werden könne.

In ihrem Verhalten gegen Reagentien zeigt die Arsensäure einige Abweichungen von dem der arsenigen Säure. Durch Schwefelwasserstoff entsteht ein gelber Niederschlag von Fünffach-Schwefelarsen, der sich in Schwefelammonium leicht löst und durch Säuren wieder gefällt wird. Salpetersaures Silberoxyd-Ammoniak giebt einen rothbraunen Niederschlag von arsensaurem Silberoxyd, während das arsenigsaure Silberoxyd gelb ist; beide sind in Salpetersäure leicht löslich und lösen sich auch in Ammoniak. Zur Hervorrufung der Reaction ist es daher am zweckmäßigsten, die neutralen Lösungen, welche auf eine der Arsensäuren geprüft werden sollen, mit salpetersaurem Silberoxyd zu versetzen und dann mit einem Glasstabe umzurühren, der mit Ammoniak vorher befeuchtet ist, und so nur ein Minimum von Ammoniak zur Zeit zuzusetzen. Die Anwendung des Ammoniaks ist erforderlich, weil das Silbersalz sowohl der arsenigen wie der Arsensäure auf 1 Atom Säure 3 Atome Silber enthält, so daß in neutralen Lösungen bei der Zersetzung 2 Atome Salpetersäure frei werden, welche die Abscheidung des Niederschlages verhindern würden. Schwefelsaure Magnesia bringt unter Zusatz von Salmiak und Ammoniak einen weißen krystallinischen Niederschlag von arsensaurer Ammoniak-Magnesia $2\,MgO\,.\,NH_4O\,.\,AsO_5 + 12\,HO$ hervor, der der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia sehr ähnlich ist. In Lösungen von arseniger Säure entsteht durch schwefelsaure Magnesia, Salmiak und Ammoniak ein weißer amorpher Niederschlag von $3\,MgO\,.\,AsO_3$. Die arsensaure Ammoniakmagnesia ist die Form, in welcher alle Arsenverbindungen am schärfsten quantitativ bestimmbar sind; trocknet man sie bei 100°, so entweicht das Wasser und es bleibt $2\,MgO\,.\,NH_4O\,.\,AsO_5$ zurück. Goldchlorid in saurer Lösung wird durch arsenige Säure zu metallischem Gold reducirt, indem diese in Arsensäure verwandelt wird; selbstverständlich ist daher Goldchlorid ohne Wirkung auf Arsensäure und kann dieses Reagens zur Trennung und Bestimmung beider Säuren neben einander dienen.

Nachweisung und Bestimmung des Arsens.

Die qualitative Nachweisung des Arsens ergiebt sich im Wesentlichen aus dem oben bei den Eigenschaften der Erze und der Arsenverbindungen Gesagten. Die charakteristischen Erkennungsmerkmale sind: der knoblauchartige Geruch beim Erhitzen in der Reductionsflamme, der metallische Spiegel, als welcher reducirtes Arsen sich ablagert, sei es beim Erhitzen seiner Verbindungen, sei es bei der Zersetzung des Arsenwasserstoffs. Bei der Prüfung auf trocknem Wege mengt man die Verbindung mit wasserfreiem kohlensaurem Natron und etwas Kohle, pulvert fein und erhitzt die Mischung in einem unten geschlossenen engen Probirröhrchen. Bei Gegenwart von Arsen entsteht sofort ein schwarzer, metallisch glänzender Beschlag von Arsen.

Arsenige Säure und essigsaures Kali im trocknen Zustande im Probirröhrchen zum Glühen erhitzt, zersetzen sich unter Bildung von Kakodyloxyd oder Alkarsin C_4H_6AsO, einer organischen Verbindung, die sich durch ihren ebenso eigenthümlichen als durchdringenden Gestank auszeichnet. In allen Fällen, wo selbst diese Reagentien im Stiche lassen, gewährt der Marsh'sche Apparat (S. 653) die allersicherste Methode, um selbst die geringsten Spuren von Arsen in Lösungen zu entdecken. Bei der Anwendung desselben ist zunächst darauf zu achten, daß die angewandten Reagentien selbst absolut frei von Arsen sind; deshalb müssen alle Stoffe, die bei einer derartigen Untersuchung zur Verwendung kommen sollen, selbst im Apparate auf Arsen geprüft werden, sodann dürfen keine organischen Verbindungen zugegen sein, aus denen möglicher Weise Kohlenwasserstoffe, die beim Glühen schwarzen Kohlenstoff abscheiden, sich entwickeln, weil sonst Täuschungen eintreten könnten; endlich ist auf die Anwesenheit des Antimons Rücksicht zu nehmen, weil die Antimonspiegel denen des Arsens täuschend ähnlich sind. Die schwarzen Flecken, welche man aus

der Wasserstoffflamme auf kleinen Porzellanschälchen erhalten hat, sind daher weiter zu prüfen, ob sie aus Arsen oder Antimon bestehen.

Nach Bunsen befeuchtet man einen solchen Fleck mit Salpetersäure von 1,42 spec. Gew., erhitzt gelinde und bläst auf die Flüssigkeit, bis sie zur Trockne verdampft ist. War Antimon zugegen, so besteht der weiße Rückstand aus Antimonoxyd, dieses giebt beim Befeuchten mit salpetersaurem Silberoxyd-Ammoniak einen schwarzen Niederschlag von Silberoxydul; bestand der Fleck aus Arsen, so ist der Rückstand entweder Arsensäure oder arsenige Säure und scheidet dann auf Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd-Ammoniak entweder braunes arsensaures Silberoxyd oder gelbes arsenigsaures Silberoxyd ab.

Arsen wird durch unterchlorigsaures Natron — erhalten durch Einleiten von Chlorgas in kohlensaures Natron, bis die Lösung nicht mehr alkalisch reagirt — leicht gelöst, Antimon bleibt unverändert. Mittelst eines Glasstabes läßt man einen Tropfen solch einer Lösung auf den Flecken fallen; das Verschwinden des metallischen Spiegels weist Arsen nach, bei Anwesenheit von Antimon bleibt der Fleck unverändert. (Bischof.)

Ein Tropfen von Schwefelammonium auf dem Fleck bei gelinder Wärme eingetrocknet, läßt gelbes Schwefelarsen oder orangefarbiges Schwefelantimon zurück. Kohlensaures Ammoniak löst das Schwefelarsen leicht, Schwefelantimon bleibt unverändert. (Rose.)

Deckt man das Schälchen, in welchem die Spiegel gebildet sind, über ein anderes Schälchen, in welchem ein Stückchen feuchter Phosphor sich befindet, so wird durch das entstehende Ozon das Arsen sehr rasch, das Antimon nur langsam oxydirt. Nach einiger Zeit sind daher die Flecke verschwunden. Bringt man dann aber ein Stückchen blaues Lackmuspapier an die Stelle, wo der Fleck befindlich war, so wird dieses durch die entstandene Arsensäure stark geröthet werden, war aber Antimon zugegen, so tritt keine Veränderung des Lackmuspapiers ein. (Schönbein.)

Endlich kann man noch, nachdem man eine hinreichende Menge von Flecken erhalten hat, das Gas durch eine schwach saure Lösung von salpetersaurem Silberoxyd strömen lassen. Arsenwasserstoff fällt dabei metallisches Silber und wird zu arseniger Säure oxydirt; Antimonwasserstoff scheidet dagegen Antimonsilber aus. Filtrirt man daher von dem schwarzen Metallniederschlage ab, so wird bei Anwesenheit von Arsen bei vorsichtigem Zusatz von Ammoniak der gelbe Niederschlag von arsenigsaurem Silberoxyd entstehen.

Die qualitative Nachweisung des Arsens ist namentlich bei gerichtlichen Fällen, wo der Verdacht einer Vergiftung vorliegt, von großer Wichtigkeit. Die Gegenwart von großen Massen organischer Substanz macht dabei besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich. Die organische Substanz, Contenta des Magens, Ausgebrochenes, Fäces, Harn ꝛc., muß zunächst vollständig zerstört werden, welches durch anhaltendes Erwärmen mit Salzsäure unter allmäligem Zusatz von chlorsaurem Kali geschieht. Die möglichst klare Flüssigkeit wird bis 70° C. erwärmt und wenigstens mehrere Stunden mit Schwefelwasserstoffgas behandelt. Der Niederschlag, welcher alles Arsen als Schwefelarsen enthalten muß, wird sofort auf einem kleinen Filter gesammelt, mit Schwefelwasserstoffwasser gewaschen und mittelst einer Spritzflasche mit verdünntem Ammoniak übergossen. Das Schwefelarsen löst sich neben einer geringen Menge von gefällter organischer Substanz in dem Ammoniak und wird mit Ammoniak vollständig aus dem Niederschlage ausgezogen. Diese Flüssigkeit verdampft man im Wasserbade zur Trockne, wobei Schwefelarsen und organische Substanz zurückbleibt, und erwärmt diese Masse mit rauchender Salpetersäure, verdampft den Ueberschuß der Säure, nimmt den Rückstand in einer geringen Menge Aetznatron auf, dampft diese Flüssigkeit im Porzellantiegel zur Trockne, fügt wasserfreies kohlensaures Natron und eine geringe Menge salpetersaures Natron zu und erhitzt dann zum Schmelzen. Alle organische Substanz ist dann zerstört, die geschmolzene Masse wird in Wasser gelöst und nöthigenfalls filtrirt. Sollte sie sich nicht klar lösen, sondern einen weißen Rückstand lassen, so war Antimon zugegen und dieses bleibt als unlösliches antimonsaures Natron zurück. Die Lösung wird mit Schwefelsäure bis zur stark sauren Reaction versetzt, zur Trockne verdampft und schließlich so weit erhitzt, bis ein Theil der überschüssig zugesetzten Schwefelsäure verdampft. Dieser Rückstand erst kann, nachdem er in Wasser wieder aufgenommen ist, zur Prüfung im Marsh'schen Apparat verwandt werden.

Bei der Ausführung dieser Untersuchung sind, um brauchbare Resultate zu erhalten, viele Vorsichtsmaßregeln anzuwenden, deren ausführliche Beschreibung hier zu weit führen würde. All das hierauf bezügliche Material findet sich in der vortrefflichen Arbeit von Otto: Ausmittlung des Arsens bei Vergiftungen, in dessen Lehrbuch der Chemie (IV. Aufl. Bd. 2, Abth. 3, S. 587 bis 636) zusammengestellt.

Bei quantitativen Bestimmungen wird das Arsen stets als Schwefelarsen abgeschieden, entweder unmittelbar durch Schwefelwasserstoff oder durch Zersetzung der Lösung des Schwefelarsens in Schwefelammonium durch verdünnte Säuren. Enthält die Lösung arsenige Säure, so findet die Abscheidung des Arsens durch Schwefelwasserstoff leicht Statt; ist aber das Arsen als Arsensäure zugegen, so erfordert die Zersetzung weit längere Zeit und man muß wenigstens mehrere Stunden lang Schwefelwasserstoff einleiten. In welcher Form aber auch das Arsen zugegen sei, so wird die Zersetzung durch Schwefelwasserstoff doch ungemein befördert, wenn man die Flüssigkeit dabei auf einer Temperatur von 70° C. erhält. Sobald man sicher ist, alles Arsen gefällt zu haben, filtrirt man ab, sammelt den Niederschlag auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter, wäscht mit Schwefelwasserstoffwasser und trocknet bei 100°. Das so abgeschiedene Schwefelarsen hat aber keine bestimmte Zusammensetzung, es kann Dreifach- oder Fünffach-Schwefelarsen, ein Gemenge beider, oder auch mit freiem Schwefel gemengt sein. Man muß daher, ebenso wie es bei der Bestimmung des Antimons (S. 637) beschrieben ist, das Schwefelarsen näher bestimmen. Das kann auf zwei verschiedene Weisen geschehen:

a) durch Bestimmung des Schwefelgehalts, wobei man aus der Differenz das Arsen findet, oder besser:

b) durch Verwandlung des Schwefelarsens in arsensaure Ammoniakmagnesia.

a) Bestimmung des Schwefelgehalts im Schwefelarsen. Von dem mit dem Filter gewogenen Niederschlage wird so viel abgenommen, als geschehen kann, ohne das Filter zu verletzen und ohne das Schwefelarsen mit Papierfaser zu verunreinigen. Dieser Theil wird gewogen und zur Analyse verwandt. In einem geräumigen Kochfläschchen befeuchtet man das Schwefelarsen zunächst mit etwas concentrirter Salpetersäure und giebt, nachdem die erste heftige Reaction vorüber ist, tropfenweis rauchende Salpetersäure zu. Das Schwefelarsen wird dadurch unter Zersetzung der Salpetersäure und Entwicklung starker rother Dämpfe oxydirt und in Schwefelsäure und Arsensäure verwandelt. Läßt die Einwirkung der Säure nach, so erwärmt man zuerst gelinde im Wasserbade und verdampft schließlich im Wasserbade zur Trockne, indem man häufig mittelst eines kleinen Blasebalgs die Säuredämpfe verjagt. Hat man rauchende Salpetersäure angewandt, so hat dies durchaus keine Schwierigkeit, da sie schon bei 86° C. siedet und sich daher im Wasserbade vollständig verflüchtigt. War die Salpetersäure aber weniger concentrirt, so muß man anhaltend kochen, um die Zersetzung des Schwefelarsens zu erreichen, dabei geht die Oxydation des Schwefels aber weit langsamer von Statten, ein Theil des Schwefels scheidet sich meistens ab und schmilzt in der kochenden Säure zu kleinen Kugeln zusammen, die nicht allein der weiteren Einwirkung der Säure hartnäckig widerstehen, sondern meistens auch geringe Mengen von Schwefelarsen einschließen und es so fest umhüllen, daß die Säure es nicht zersetzt. In diesem Falle muß man unter allen Umständen so lange kochen, bis die Schwefeltropfen rein gelb geworden sind.

Ist von der Salpetersäure Alles gelöst, so verdünnt man bedeutend mit Wasser, erhitzt zum Kochen und fällt die Schwefelsäure durch Chlorbarium als schwefelsauren Baryt. In der kochenden Flüssigkeit setzt sich derselbe rasch ab, man giebt dann die klare Flüssigkeit auf ein kleines Filter, übergießt den Niederschlag nochmals mit Wasser, kocht damit, bringt erst dann den Niederschlag auf das Filter und wäscht ihn anhaltend mit kochendem Wasser aus. Nach dem Trocknen wird der schwefelsaure Baryt stark geglüht und gewogen. Enthielt die Flüssigkeit viel freie Salpetersäure, so wird leicht von dem schwefelsauren Baryt salpetersaurer Baryt mit niedergerissen und dieser ist dann sehr schwer in Wasser löslich und kaum durch Auswaschen zu entfernen. Beim Glühen verwandelt sich der salpetersaure Baryt in Aetzbaryt und vermehrt dann das Gewicht des schwefelsauren Baryts. Um sich von der Abwesenheit des Aetzbaryts zu überzeugen, übergießt man den geglühten Niederschlag mit siedendem Wasser und prüft mit rothem Lackmuspapier. Dieses darf seine Farbe nicht verändern; wird es blau gefärbt, so ist Aetzbaryt zugegen, man giebt dann Salzsäure zu, läßt den schwefelsauren Baryt damit etwas digeriren, filtrirt, wäscht, trocknet und glüht von Neuem, um das Gewicht des reinen schwefelsauren Baryts festzustellen. 1 Aeq. schwefelsaurer Baryt oder 116,5 Th. entspricht 1 Aeq. Schwefel oder 16 Th. Nach dem Gewicht des reinen schwefelsauren Baryts berechnet man die Menge des Schwefels, zieht diese von dem Gewicht des angewandten Schwefelarsens ab und findet als Rest die Menge des in der zur Bestimmung verwandten Probe enthaltenen Arsens. Da man auf diese Weise die Zusammensetzung der Probe kennt, so berechnet man danach den Arsengehalt des ganzen Niederschlages.

Haben sich bei der Behandlung mit Salpetersäure Schwefelkügelchen abgeschieden, so filtrirt man zunächst die verdünnte Flüssigkeit durch ein kleines, bei 100° getrocknetes und gewogenes Filter, wäscht den Schwefel rein aus, trocknet dann das Filter mit dem Schwefel wieder bei 100° und wägt den Schwefel. In der Flüssigkeit wird dann wie oben die Schwefelsäure gefällt und bestimmt. Bei der Berechnung addirt man die Menge des direct bestimmten Schwefels zu der im schwefelsauren Baryt enthaltenen, um die Gesammtmenge des Schwefels zu bestimmen.

b) Directe Bestimmung des Arsengehalts im Schwefelarsen. Ein gewogener Theil des Schwefelarsens wird zunächst, wie beim Antimon S. 639 beschrieben, durch wiederholte Behandlung mit Schwefelkohlenstoff so weit wie möglich von freiem Schwefel befreit und dann mit rauchender Salpetersäure vollständig oxydirt. Nach dem Verdampfen der Salpetersäure giebt man nochmals einige Tropfen rauchende Säure zu, um jede Spur von arseniger Säure in Arsensäure überzuführen, und läßt den Ueberschuß von Salpetersäure wieder verdampfen. Der Rückstand wird in kaltem Wasser gelöst, mit Salmiak und schwefelsaurer Magnesia versetzt und mit Ammoniak stark übersättigt. Es scheidet sich dabei ein weißer krystallinischer Niederschlag von arsensaurer Ammoniakmagnesia aus, der nach vierundzwanzigstündigem Stehen auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, mit verdünntem Ammoniak gewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen wird. Es bleibt dabei wasserfreie arsensaure Ammoniakmagnesia $2\,MgO \,.\, NH_4O \,.\, AsO_5$ zurück, von der 1 Aeq. oder 181 Th. 1 Aeq. oder 75 Th. Arsen enthalten.

Trennung des Arsens von anderen Körpern.

a) Von den Alkalien. Indirect wie beim Antimon, indem man mit Salmiak mengt und glüht, wobei Chlorarsen verflüchtigt wird und Chloralkalien zurückbleiben. Als arsensaure Ammoniakmagnesia; arsenigsaure Salze werden mit Salpetersäure stark angesäuert und damit im Wasserbade zur Trockne verdampft, um alle arsenige Säure in Arsensäure überzuführen. Die Lösung wird mit schwefelsaurer Magnesia, Salmiak und Ammoniak, wie oben beschrieben ist, behandelt.

b) Von Baryt, Strontian, Kalk, Bleioxyd. Die Oxyde werden, nachdem man bei arsenigsauren Salzen mit Salpetersäure zur Trockne verdampft hat, durch Zusatz von Schwefelsäure als schwefelsaure Salze gefällt, die Flüssigkeit mit ihrem gleichen Volum Weingeist vermischt, worin die schwefelsauren Salze ganz unlöslich sind (beim Baryt ist dies nicht erforderlich, weil sein schwefelsaures Salz auch in Wasser ganz unlöslich ist), filtrirt, aus dem Filtrat der Weingeist durch Verdampfen entfernt und dann die Arsensäure als arsensaure Ammoniakmagnesia gefällt.

c) Von Magnesia, Thonerde, Chromoxyd, Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Zink. Die

saure Lösung wird bis 70° erwärmt und anhaltend Schwefelwasserstoff hindurchgeleitet, bis alles Schwefelarsen gefällt ist. Hat man Metalllegirungen, welche beim Lösen in Salzsäure Wasserstoff entwickeln, so würde man durch Bildung von Arsenwasserstoff Verlust erleiden; man löst dann die feingepulverte Verbindung in concentrirter Salpetersäure. Zweckmäßiger ist es noch, die feingepulverte Verbindung mit kohlensaurem Natron und Salpeter zu mengen und anhaltend zu schmelzen. Die Metalle werden dann als Oxyde abgeschieden und die Schmelze enthält arsensaures Natron. Diese wird in Wasser gelöst, der unlösliche Niederschlag ausgewaschen, das Filtrat mit Salzsäure übersättigt und die Arsensäure als arsensaure Ammoniakmagnesia bestimmt.

d) Von den Metallen, welche durch Schwefelwasserstoff gefällt werden, aber in Schwefelammonium unlöslich sind. Die warme Flüssigkeit wird anhaltend mit Schwefelwasserstoff behandelt, darauf mit Ammoniak neutralisirt und mit Schwefelammonium in der Wärme digerirt. Arsen löst sich darin, die Flüssigkeit wird nach einigen Stunden abfiltrirt, der Niederschlag mit schwefelammoniumhaltigem Wasser gewaschen und das Filtrat mit Essigsäure übersättigt, wobei Schwefelarsen, gewöhnlich mit viel freiem Schwefel gemengt, gefällt wird.

Oder, nach Rose, mengt man die Verbindung oder feingepulverte Legirung mit ungefähr 3 Th. wasserfreiem kohlensaurem Natron und 3 Th. Schwefel und schmilzt im Porzellantiegel. Die Metalle werden als Schwefelmetalle unlöslich abgeschieden, das Arsen verwandelt sich in lösliches Natriumsulfarseniat. Dieses löst man in Wasser, filtrirt von den Schwefelmetallen ab, wäscht aus und fällt im Filtrat durch Uebersättigung mit Essigsäure Schwefelarsen neben freiem Schwefel.

Kupfer läßt sich auf keine dieser Weisen scharf vom Arsen trennen, sobald neben wenig Arsen viel Kupfer vorhanden ist, da das Schwefelkupfer dann stets Arsen zurückhält. Man löst in diesem Falle in möglichst wenig Salpetersäure und fügt Oxalsäure zu, wodurch der größte Theil des Kupfers als oxalsaures Kupferoxyd gefällt wird. Im Filtrate ist neben wenig Kupfer alles Arsen enthalten und diese können dann durch Schwefelammonium getrennt werden.

e) Von den Metallen, welche als Schwefelverbindungen in Schwefelammonium löslich sind (Zinn, Antimon, Gold, Platin). Man schmilzt, wie oben beschrieben ist, mit kohlensaurem Natron und Schwefel, fällt aus der Flüssigkeit, welche alle Schwefelmetalle gelöst enthält, durch Essigsäure und trennt von Antimon und Zinn, wie bei Antimon S. 641 beschrieben ist. Enthält der Niederschlag Schwefelgold oder Schwefelplatin, so löst man in Königswasser, verdampft den Ueberschuß desselben und kocht, wenn Gold zugegen ist, mit Oxalsäure, wodurch alles Gold als Metall gefällt wird; ist Platin zugegen, so vermischt man die Lösung in Königswasser nach dem Verdampfen der freien Säure, mit Salmiaklösung, setzt Weingeist zu, filtrirt von dem ausgeschiedenen Ammoniumplatinchlorid und bestimmt in beiden Fällen das Arsen als arsensaure Ammoniakmagnesia.

f) Arsenige Säure neben Arsensäure. In einem Theil der Verbindung wird der Gesammtgehalt an Arsen bestimmt. In einem anderen Theile bestimmt man die arsenige Säure mit Goldchlorid, wobei eine der Menge der arsenigen Säure entsprechende Quantität metallisches Gold ausgeschieden wird. Nach dem Golde berechnet man dann die Menge des als arsenige Säure vorhanden gewesenen Arsens, zieht dieses von der Gesammtmenge des Arsens ab und berechnet den Rest auf Arsensäure. *Stohmann.*

Asphalt.

Asphalt. Mit dem Namen Asphalt bezeichnet man einerseits einen durch Zusammenschmelzen gewisser Erdharze mit Sand, Kreide ꝛc. dargestellten, beim Erkalten zu festen Massen erhärtenden Kitt, andererseits ist der Name Asphalt der Repräsentant einer Gruppe verschiedener Erzharze.

Erdharze nennt man die eigenthümlich — bituminös — riechenden, leicht brennbaren Stoffe, die in der Erde vorkommen. Sie finden sich in den verschiedensten Formen, vom reinen, wasserhellen Steinöl zum halbfesten schmierigen Bergtheer und zum glänzenden eigentlichen Asphalt, der häufig so hart ist, daß man ihn nicht mit dem Nagel ritzen kann. Ihr Vorkommen ist hinsichtlich der Mächtigkeit so verschieden, als ihre äußere Erscheinung. Auf der einen Seite haben wir den bläulich gefärbten Kalkstein, der nur Spuren enthält; dann im Asphaltstein finden sich 10 bis 20 und mehr Procente, bis zu den Ablagerungen von reinem Asphalt, die wir am todten Meere oder dem Asphalt-See und in dem aus reinem Asphalt bestehenden See auf Trinidad haben. Die Harze sind am meisten in den Gebilden der jüngeren Formationen verbreitet. Humboldt entdeckte eine Quelle von Steinöl, die aus dem Glimmerschiefer rieselte, im süd-

lichen Amerika zu Punta del Araga im Golf von Cariaco. Ueber die Entstehung der bituminösen Substanzen weiß man bis jetzt noch nichts Bestimmtes. Man nimmt aber an, daß sie durch Einwirkung von Wärme und Feuchtigkeit auf organisirte Körper gebildet werden, wobei der große Druck, unter welchem dieser Proceß stattfindet, einen bedeutenden Einfluß haben wird, indem dadurch manche Producte, die sonst gasförmig entweichen würden, condensirt und umgewandelt werden. Vielleicht nimmt auch Schwefelsäure, die durch Oxydation der Schwefelkiese entsteht, Antheil an der Verkohlung organischer Substanzen im Innern der Erde. Man kann dieses vermuthen, da man bei der Behandlung organisirter Substanzen, z. B. der Holzfaser mit Schwefelsäure, Körper erhält, die häufig dem Bitumen ähnlich sind. Ob der Ursprung der Harze von vegetabilischen oder animalischen Substanzen herzuleiten ist, läßt sich wohl nicht entscheiden; das erstere ist aber am wahrscheinlichsten.

Die Hauptarten der bituminösen Erdharze sind: das Steinöl oder Naphta, der Bergtheer, das elastische Erdharz oder der Elaterit und der eigentliche Asphalt. Für unsere Zwecke ist die zweite Sorte am wichtigsten, denn sie kommt von allen am meisten in Europa vor. Der eigentliche Asphalt findet sich in Europa nicht. Bis jetzt hat man ihn nur von dem todten Meere, aus dem Pech- oder Theer-See auf Trinidad und von Coritambo in Peru erhalten. Der Bergtheer kommt ziemlich häufig vor, namentlich zu Bechelbronn, Hatten und Lobsann am Niederrhein, zu Parc und Seyssel an der Rhone, im Departement d'Auvergne, du Nord u. s. w., im Traversthale im Canton Neuenburg, auf der Insel Brazza, zu Morowizza bei Sebenico. In großen Mengen in Süd-Amerika, auf Cuba, Barbadoes und manchen Inseln Westindiens; bei Neapel, in Persien und anderen Gegenden. In Deutschland kommt der Bergtheer in der Nähe von Braunschweig und bei Velber in Hannover vor. In England ist das Vorkommen der Erdharze sehr beschränkt. Sie finden sich in Kohlenwerken zu Hurlet bei Paisley und enthalten dort häufig Krystalle von Kalkspath eingeschlossen; in den Odin-Bergwerken in Derbyshire und in Begleitung des Torfs bei Downholland Moss bei Ormskirk in Lancashire. Johnston fand in Derbyshire Elaterit. Derselbe unterschied noch einzelne andere in England vorkommende Arten Erdharze, den Hatchettin und den Middletonit, das Harz von Settling Stones und das Highgateharz. Andere Sorten sind der Scheererit, der Ozokerit oder das Bergwachs. Schrötter entdeckte einige fossile Harze in der Braunkohle von Oberhart, bei Gloggnitz in Oesterreich, das Hartit und das Hartin. Ein anderes Mineral, welches ein Erdharz enthält, ist der Idrialit, der nach Schrötter ein Gemisch eines eigenthümlichen Harzes, des Idrialins mit Zinnober ist.

Der Bergtheer ist am weitesten verbreitet. Seine Beschaffenheit ist aber höchst ungleich. An manchen Orten ist er schmierig, an anderen zähe, an noch anderen nur in der Wärme zähe, aber in der Kälte fest, spröde, von braunschwarzer Farbe, harzartigem Ansehen, muscheligem Bruche und eigenthümlichem Geruche, der namentlich beim Reiben oder Erwärmen hervortritt. Er nähert sich dann also dem eigentlichen Asphalt. Stets aber ist er von Gestein begleitet und wird zum Gebrauch entweder von diesem abgeschieden oder unmittelbar zur Darstellung des Kittes verwandt. Das reine Erdharz hat ein geringeres specifisches Gewicht wie Wasser; es schwimmt also auf diesem. In rohem Zustande ist seine Dichtigkeit aber 1,000 bis 1,160, manchmal sogar 1,600, da es stets Gestein eingeschlossen enthält. Die Abscheidung geschieht auf zwei verschiedene Weisen. Am gewöhnlichsten, indem man das gepochte Gestein mit Wasser kocht. Hierdurch werden die bituminösen Substanzen flüssig gemacht und steigen an die Oberfläche, während Sand und Grus zu Boden sinkt. Die oberste Schicht wird dann abgenommen, in einen hölzernen Bottich gebracht und hier der Ruhe überlassen, wodurch das Wasser und die unorganischen Substanzen noch vollkommener abgeschieden werden. Nach einiger Zeit bringt man das ausgelassene Erdharz in einen eisernen Kessel und erhitzt es von Neuem, um Wasser und flüchtige Körper zu entfernen, wobei sich noch mehr Sand am Boden des Kessels, dem man zweckmäßig eine conische Gestalt giebt, ablagert. In diesem Zustande wird das Harz in den Handel gebracht, um zu dem Asphaltkitt verwendet zu werden. Diese Methode wird in Bechelbronn und Seyssel befolgt. Bei Venedig verarbeitet man den Asphaltstein von Brazza und gewinnt das Harz dort durch einen Aussaigerungsproceß, indem man nämlich das Gestein in eigenen Oefen erhitzt und das unten abfließende Harz auffängt.

In Seyssel sind drei Lager von bituminösen Substanzen; eines ist sandig, ein anderes kalkig und leicht schmelzbar, das letzte kalkig aber schwerer schmelzbar. Bei Bechelbronn ist ein sandiges Lager, welches von Thon eingeschlossen ist. An beiden Orten geschieht die Gewinnung bergmännisch. Bei Lobsann kommt ein bituminöser Schiefer neben der Braunkohle vor, der sich aber von den übrigen Sorten dadurch unterscheidet, daß das Erdharz beim Kochen mit Wasser nicht schmilzt, sondern als Schaum an die Oberfläche steigt. Dieser wird mit Löffeln abgenommen und dann stärker erhitzt, um ihn zu schmelzen, das Wasser zu verflüchtigen und mitgerissenes Gestein zu entfernen, da sich dieses leicht aus dem dünnflüssigen Harze absetzt. Die Erdharze von Seyssel und Lobsann sind bei gewöhnlicher Temperatur zähe, werden aber bei kaltem Wetter fest. Die Lager von Payta, Magdalena und Trinidad liefern Bergtheere, die derselben Varietät angehören. Das Erdharz von Bechelbronn ist klebrig und von dunkelbrauner Farbe. Von seinen Anwendungen hat es den Namen Steinöl, graisse de Strasbourg, erhalten, der, um Verwechselungen zu vermeiden, wohl besser in Steinfett umgewandelt würde, denn es wird mit Vortheil als ein Substitut der Fette, um die Reibung bei Maschinen zu verringern, und zum Einschmieren der Wagenachsen gebraucht.

Früher wußte man sehr wenig über die Natur der Erdharze. Erst durch die Arbeiten Boussingault's,

Ebelmen's und Anderer, denen die Angaben zu diesem Artikel entnommen, haben die Chemiker die Zusammensetzung dieser Körper kennen gelernt. Boussingault unterwarf die Harze von Bechelbronn der Destillation. Bei 100° ging nichts über, woraus er schließt, daß es kein Steinöl enthält. Die bei 100° flüchtigen Substanzen würden indessen auch schon bei der vorhergehenden Behandlung mit siedendem Wasser verdampft sein. Er kochte aber auch große Quantitäten des rohen Gesteins mit Wasser und verdichtete die Dämpfe, wobei ebenfalls kein Steinöl oder Petroleum gewonnen wurde. Erst wenn man die Temperatur im Oelbade auf 230° erhöht, sieht man Tropfen ölartiger Flüssigkeit übergehen. Die Destillation schreitet bei diesem Wärmegrade nur langsam vorwärts, so daß er nur sehr geringe Mengen des Destillats sammeln konnte. Das Oel ließ sich rascher erhalten, indem er das Harz mit Wasser destillirte.

Die so erhaltene ölartige, flüchtige Materie bildet das flüssige Princip der klebrigen Erdharze, und da sie den wesentlichen Theil des Petroleums ausmacht, so wurde sie Petrolen genannt. Es ist blaßgelb, von wenig bezeichnendem Geschmack und bituminösem Geruch. Es hat ein specifisches Gewicht von 0,891 bei 21°. Bei einer Kälte von — 12° erstarrt es noch nicht; es befleckt Papier wie die Oele und verbrennt mit dichtem Rauche. Siedet bei 280°, ist wenig löslich in Alkohol, viel leichter aber in Aether.

Seine Zusammensetzung ist:

	Atomgewicht.	Berechnet.	Gefunden.
20 Aeq. Kohlenstoff	120	88,23	88
16 „ Wasserstoff	16	11,77	12
1 „ Petrolen	136	100,00	100

Es ist daher mit dem Terpentinöl, Citronenöl und Copaïvabalsamöl isomer.

Die Dampfdichte des Petrolens ist 9,415; entsprechend der Formel $C_{80} H_{64}$.

Durch Behandlung mit starkem Alkohol läßt sich dem Bergtheer eine große Menge des Petrolens entziehen. Eine vollständige Erschöpfung ist aber nicht möglich, weil der Bergtheer in dem Maße, wie er das Petrolen verliert, fester und consistenter wird, so daß der Alkohol ihn nicht durchdringen kann. In der alkoholischen Lösung kann das Petrolen vom Alkohol durch Destillation getrennt werden.

Das flüchtige Petrolen haftet sehr fest an dem nicht flüchtigen starren Theile des Bergtheers. Durch gewöhnliche Destillation sind beide kaum zu trennen; um alles Petrolen zu entfernen, muß man das Harz mehrere Tage, oder doch so lange, bis sein Gewicht constant bleibt, bei einer Temperatur von 250° C. erhalten.

Das feste Princip der Erzharze, welches man auf diese Weise erhält, ist schwarz, sehr glänzend, von muscheligem Bruch, schwerer als Wasser. Es wird bei 30° weich und elastisch und brennt wie die Harze, indem es viel Kohle hinterläßt. Da dieser Körper alle Eigenschaften des reinen Asphalts hat, so wurde er Asphalten genannt.

Er gab bei der Analyse folgende Resultate:

Kohlenstoff	75,3
Wasserstoff	9,9
Sauerstoff	14,8

Die Zusammensetzung entspricht nach dieser Analyse der Formel: $C_{80} H_{64} O_6$.

Das Oel des Asphalts vom Traversthale wurde von Völckel untersucht. Der Asphaltstein wurde in eisernen Retorten destillirt, das dabei übergehende Oel mit Kalilauge geschüttelt, mit Wasser destillirt und dann, nachdem es mit Chlorcalcium entwässert war, nochmals aus einer Retorte mit eingesenktem Thermometer destillirt. Das Oel beginnt bei 90° C. zu sieden; der Siedpunkt steigt aber rasch auf 120°; zwischen dieser Temperatur und 200° geht der größere Theil über; von 200 bis 250° kommt noch ein kleiner Theil Oel; zuletzt bleibt ein geringer Rückstand eines dickflüssigen, starkgefärbten Oels. Das specifische Gewicht des zwischen 90 und 200° übergegangenen Destillats (I.) ist 0,817, das des zwischen 200 und 250° Destillirenden (II.) 0,868.

Die procentische Zusammensetzung der beiden Destillate ist:

	I.	II.
Kohlenstoff	87,37	87,55
Wasserstoff	11,65	11,56
Sauerstoff	0,98	0,89

Es besteht demnach das flüchtige Asphaltöl aus verschiedenen, aber gleich zusammengesetzten Kohlenwasserstoffen, denen eine geringe Menge eines sauerstoffhaltigen Oeles beigemischt ist.

Behandelt man das Oel wiederholt mit concentrirter Schwefelsäure, so läßt sich ihm das sauerstoffhaltige Oel entziehen. Die Kohlenwasserstoffe lösen sich nicht in Schwefelsäure. Das so behandelte Oel liefert nach dem Waschen mit Kalilauge und Wasser und nachdem es mit Chlorcalcium entwässert ist, bei der Destillation verschiedene Producte, deren Siedpunkte, specifische Gewichte und Zusammensetzung folgende Zahlen angeben:

	I.	II.		III.	IV.	V.	VI.
Siedpunkt	90 bis 120°	120 bis 150°		150 bis 180°	180 bis 200°	200 bis 220°	220 bis 250°
Specifisches Gewicht	0,784	0,790		0,802	0,817	0,845	0,867
Kohlenstoff	87,56	87,59	87,56	87,31	87,34	87,48	87,40
Wasserstoff	12,34	12,30	12,50	12,59	12,69	12,60	12,40

Die sämmtlichen Destillate haben diese gleiche Zusammensetzung und entsprechen der Formel $n (C_6 H_5)$.

Boussingault analysirte verschiedene Erdharze und erhielt dabei folgende Resultate:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Zähes Erdharz von Bechelbronn	88,0	12	—	—
Jungfernerdharz von Bechelbronn	88,0	11	—	1,6
Flüssiges Erdharz von Hatten am Niederrhein	88,0	11,6	—	0,4

Asphalt von Coritambo:

Kohlenstoff	88,63	—	88,70
Wasserstoff	9,69	—	9,68
Sauerstoff } Stickstoff }	1,68	—	1,62

Andere Erdharze wurden von Ebelmen untersucht, die organische Substanz derselben hatte nach Abzug der die Harze begleitenden und verunreinigenden Aschenbestandtheile folgende Zusammensetzung:

	1.	2.	3.	4.
Kohlenstoff	85,74	77,52	81,83	65,92
Wasserstoff	9,58	9,58	8,28	7,31
Sauerstoff	2,88	10,53	8,83	25,44
Stickstoff	1,80	2,37	1,06	1,33

1) Erdharz von Bastennes. 2) Vom Pont du Chateau in der Auvergne. 3) Von den Abruzzen. 4) Vom Pont Navey.

Regnault analysirte das Erdharz von Cuba und fand darin:

Kohlenstoff	81,46
Wasserstoff	9,57
Sauerstoff } Stickstoff }	8,97

Die Erdharze sind im rohen Zustande, so wie sie im Handel vorkommen, von einer ziemlich bedeutenden Quantität Wasser begleitet. Das vom Pont du Chateau enthielt 20,26 Proc. Dieses Wasser läßt sich, nach Ebelmen, höchst schwierig entfernen. Er war genöthigt, die Substanz, welche er zur Analyse Nr. 2 anwendete, zwei Stunden lang im Oelbade bei 150 bis 170°, Nr. 3 im Vacuum bei 50 bis 60°, Nr. 4 endlich im Vacuum bei 100° zu trocknen, um sicher zu sein, daß alle Feuchtigkeit entfernt sei.

Nach den angeführten Analysen muß es daher zwei verschiedene Classen von Erdharzen geben: solche, die reine Kohlenwasserstoffe sind, wie die von Bechelbronn, Coritambo und andere, und solche, die Sauerstoff enthalten, wie die von Ebelmen und Regnault analysirten.

Außer den oben angeführten Erdharzen von Seyssel, Bechelbronn, Hatten, Bastennes, den Abruzzen, von Monastir u. s. w. wird jährlich eine große Menge von Cuba nach Europa gebracht. Diese Sorte ist allgemein unter dem Namen mexicanischer oder Chapopota-Asphalt bekannt. Er wird aber nicht dort, sondern in der Nähe von Havannah auf Cuba gefunden, wo er in großen Massen vorkommt. Dumas beschreibt ihn folgendermaßen: Er ist fest, sehr brüchig, hat einen breiten, muscheligen, sehr schön schwarzen Bruch, während sein Pulver einen Stich ins Braune hat, und verbreitet einen sehr starken, aber nicht unangenehmen Geruch. Hie und da nimmt man darin Quarzkörner und Holz- und Strohstückchen wahr. Sein specifisches Gewicht ist von dem des Wassers sehr wenig verschieden. Einige Stücke schwimmen in dieser Flüssigkeit, andere fallen darin zu Boden. Bei sehr wenig erhöheter Temperatur wird er weich und schmilzt in kochendem Wasser zu einer dicken, auf der Oberfläche in Form einer Haut oder eines Schaums schwimmenden Flüssigkeit. Säuren und Alkalien greifen ihn nicht an. Alkohol löst eine geringe Menge davon auf und wird dann auf Zusatz von Wasser milchig. Aether und Terpentinöl entziehen ihm die Hälfte seines Gewichts und hinterlassen als Rückstand eine schwarze, körnige Substanz, die erst bei einer höheren Temperatur als 100° schmelzbar ist. Die ätherische Flüssigkeit ist dunkelroth und hinterläßt nach dem Verdampfen eine ebenso gefärbte durchsichtige und weiche bituminöse Substanz. Beim Glühen in verschlossenen Gefäßen bläht er sich auf und hinterläßt ungefähr 10 Proc. glänzende und leichte Kohle. Die entweichenden Oele sind braun und zähe.

Eine ähnliche Varietät wird vom todten Meere importirt. Nach seinem Fundorte hat dieser Asphalt den Namen Judenpech erhalten. Sein specifisches Gewicht beträgt 1,16. Er hat äußerlich dasselbe Ansehen, wie das gewöhnliche Pech, schmilzt in siedendem Wasser; giebt bei der trocknen Destillation ein eigenthümliches Oel, etwas Wasser und Spuren von Ammoniak und hinterläßt ungefähr ein Drittel seines Gewichts Kohle, die nach der Verbrennung eine aus Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd mit Spuren von Kalk und Mangan bestehende Asche giebt.

Der auf dem höchsten Punkt der Insel Trinidad liegende Theersee hat einen Umfang von drei englischen Meilen und bildet das größte Asphaltlager, welches bis jetzt entdeckt ist. Sein Geruch ist meilenweit wahrnehmbar. Einem entfernten Zuschauer erscheint der See als ein völlig ebener Wasserspiegel, der nicht einmal durch die kleinste Welle gekräuselt wird. Wenn man näher kommt, so glaubt man eine schwarze Glasmasse zu sehen. Das Erdharz ist an der Oberfläche vollkommen fest. Nimmt man den oberen Theil weg, so kommt man an eine weichere Schicht, die mit Petroleum gefüllte Blasenräume enthält. Bei heißem Wetter erweicht sich die Oberfläche des Sees ungefähr einen Zoll tief, so daß man im Sommer nicht darüber hinweggehen kann. Häufig entstehen große Risse, woraus man schließt, daß das Erdharz auf Wasser schwimmt. In der Nähe des Sees findet man flüssiges Bitumen und Bergtheer in Spalten und Löchern des Erdreichs; der Boden bietet Spuren vulkanischen Einflusses dar. Das Harz dieses Sees ist nicht sehr leicht brennbar; in gelinder Wärme wird es geschmeidig. Es wird nicht sehr häufig zur Darstellung des Asphaltkittes gebraucht, eignet sich aber sehr gut, wenn es mit Fett vermischt ist, zum Anstreichen der Schiffe und verhindert das Ansetzen der Bohrwürmer — teredines — an denselben.

Ueber das Vorkommen der Erdharze auf der Insel Brazza berichtet Kersten:

Auf der Spolatro gegenüber liegenden Insel Brazza befinden sich 20 Minuten vom Meere in einem gelblich-weißen jüngeren Kalksteine parallel mit den Schichten desselben mehrere 10 bis 12 Fuß mächtige Lager von einem mit Asphalt durchdrungenen Gesteine, welches Asphaltstein genannt wird.

Die Lager werden mittelst Bohren und Sprengen ausgebeutet. Der Asphalt wird daraus theils an Ort und Stelle durch Ausschmelzen in Oefen gewonnen, theils wird er nach Venedig verschifft, dort auf Pochwerken zu sandförmigem Pulver gebracht und durch Zusammenschmelzen desselben mit wenigstens 10 Procent reinem Asphalt der Asphaltcement oder Asphaltmastix gewonnen. Der Asphaltstein ist von brauner Farbe, auf dem Bruche wenig glänzend, und zeigt viele Poren, die theils mit mikroskopischen weißen Krystallen, theils mit dem Asphalt selbst ausgefüllt sind, wodurch das Gestein ein geflecktes Ansehen erhält. Es hat einen starken Geruch nach Petroleum, ist von der Härte des Kalksteins und läßt sich pulvern. Allein das gelblich-graue Pulver backt leicht zusammen.

Das Pulver erweicht bei gelindem Erwärmen und backt zusammen, ohne Wasser auszugeben. Bei stärkerem Erhitzen entweicht Petroleum. In offenen Gefäßen erhitzt, verbrennt der Asphalt mit gelber, rußender Flamme und bituminösem Geruche. Es bleibt eine große Menge eines weißen erdigen Pulvers zurück.

Absoluter Alkohol hat auf das gepulverte Fossil nur eine schwache Wirkung. Er hinterläßt nach dem Verdampfen nur eine Spur eines bräunlichen Harzes. Aether nimmt mehr auf, er färbt sich braun und giebt dann nach dem Verdampfen ein braunes Harz. Terpentinöl zieht das Bitumen leicht aus. Der Extract scheidet nach der Verflüchtigung des Lösungsmittels eine schwarze, auf dem Bruche glänzende, muschlige, ziemlich spröde Masse ab. Das rückständige Gestein verliert hierdurch seine Farbe, erscheint weiß und sehr porös.

Das Mineral wird, nachdem der Asphalt ausgezogen ist, von Salzsäure unter Aufbrausen, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, aufgelöst. Es besteht aus kohlensaurer Kalkerde, Magnesia, Eisenoxydul und Spuren von Chlornatrium. Wasser zieht geringe Mengen Chlornatrium, Chlorcalcium und Chlormagnesium aus, die ohne Zweifel durch das Seewasser in das Gestein gelangt sind. Das mit Wasser ausgezogene Gestein wurde an der Luft geglüht und dann nochmals mit Wasser behandelt, wodurch noch neue Mengen eines Salzrückstandes erhalten wurden. Hieraus geht hervor, daß das Mineral Spuren dieser Salze in gebundenem Zustande enthalte, ein Umstand, den man nicht selten bei den Kalksteinen der jüngeren Formation antrifft.

Bei der Analyse wurde der Gehalt an Bitumen durch den Verlust, welcher beim Glühen an der Luft entstand, bestimmt, da der kohlensaure Kalk aber dabei einen Theil der Säure verlor, so wurde der Aetzkalk vor dem Wägen durch Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak wieder in kohlensauren Kalk verwandelt. Zur Controle der Analyse wurde eine andere Menge des Minerals in Chlorwasserstoffsäure gelöst und der in schwarzen Flocken abgeschiedene Asphalt gesammelt, getrocknet und bestimmt.

100 Theile des Gesteins geben:

7,12	Erdharz,
58,10	kohlensauren Kalk,
32,58	kohlensaure Magnesia,
1,10	kohlensaures Eisenoxydul,
0,97	Chlornatrium und Chlorkalium.
99,87	

Der Asphaltstein ist daher kein Kalkstein, sondern ein Dolomit nach der Formel $3\,CaO\,.\,CO_2 + 2\,MgO\,.\,CO_2$. Das Vorkommen des Asphalts im Dolomit ist bis jetzt noch an keinem anderen Orte beobachtet worden *).

Der aus diesem Gestein ausgesaigerte Asphalt ist anfangs flüssig wie Wasser, wird aber nach dem Erkalten starr. Er ist pechschwarz, auf dem Bruche glänzend, in der Kälte spröde, bei 35° bildsam, bei 90° schmelzbar und leicht und vollkommen löslich in Terpentinöl. Er entzündet sich leicht, brennt mit stark rußender, gelber Flamme, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Bei der Destillation mit Wasser giebt er 5 Proc. eines hellgelben flüchtigen Oels ab, welches die Eigenschaften des Steinöls hat, und hinterläßt 95 Proc. schwarzen, pechähnlichen Asphaltes. Letzterer wird von absolutem Alkohol nur wenig angegriffen, die Lösung hinterläßt nach dem Verdampfen 1 Proc. vom Gewichte des ursprünglichen Materials eines bräunlichen Harzes. Aether nimmt dann 20 Proc. Harz auf. Der dann bleibende schwarze Rückstand ist leicht und vollkommen in Terpentinöl löslich.

Das Erdharz enthält demnach:

5	Procent	Petrolen,
20	„	braunes in Aether lösliches Harz,
74	„	in Alkohol und Aether unlösliches Bitumen,
1	„	in Alkohol lösliches Harz.
100		

Kersten beschreibt außerdem einen Asphalt von Morowizza bei Sebenico:

Der Asphalt kommt dort in mehr oder weniger großen Anhäufungen auf den Kluftflächen eines dichten, zum Theil zelligen gelblichen Jurakalksteins vor. Manchmal ist das Gestein auch schnurenweise mit dem Erdharz

*) Eine andere Methode zur Bestimmung des Bitumengehalts wurde von Baudin angegeben. Er empfiehlt 1 Grm. des gepulverten Minerals mit 30 Grm. Bleioxyd zu mischen, dieses in einen Tiegel zu bringen und es dann noch mit 30 Grm. reinen Bleioxyds zu bedecken. Der Tiegel wird anfangs schwach erhitzt, zuletzt aber der Rothglühhitze ausgesetzt. Er fand, daß 35 Th. von dem Erdharz vom Pont du Chateau, welches er als das Normalbitumen betrachtet, 100 Th. metallisches Blei lieferten, indem sie eine entsprechende Menge Oxyd reducirten. Nach dem Erkalten des Tiegels wägt man das Blei, dividirt das Gewicht desselben durch 35 und multiplicirt mit 100, um den Procentgehalt zu erfahren. Bei diesem Verfahren erhält man natürlich nie die genaue Quantität des Bitumens, sondern nur die Zahl, welche anzeigt, wie vielem Erdharz vom Pont du Chateau der Asphaltgehalt entspricht.

durchzogen. Es ist daher sehr schwierig, den Durchschnittsgehalt zu bestimmen; er scheint aber annähernd 10 bis 15 Proc. zu betragen. Dieser Asphalt zeigt ganz dieselben Eigenschaften, wie der aus dem Dolomit von Brozza ausgezogene, und scheint durch Sublimation (?) aus einem Kalksteine abgeschieden zu sein. Er giebt bei der Destillation mit Wasser 5 Proc. Petrolen und läßt ein Gemenge von Asphalten mit einem Harz zurück, welches sich theilweise in Alkohol und Aether löst. Der Jurakalkstein, in dem der Asphalt vorkommt, hat folgende Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk	95,14
kohlensaure Magnesia	4,10
kohlensaures Eisenoxydul	0,76
	100,00

Chlornatrium und Chlorkalium konnten nicht darin nachgewiesen werden.

Wegen des ungleichförmigen Vorkommens dieses Asphaltes und der bedeutenden Transportkosten bis zum Meere findet keine Ausbeutung des Gesteins Statt.

1843 wurde in Porto Mandolo bei Treu ein Asphaltstein in dem jüngeren Jurakalksteine entdeckt. Die Lagerungsverhältnisse sind ähnlich wie auf Brozza. Das Gestein wird gegenwärtig abgebaut. Es ist, wie auf Brozza, ein mit Asphalt imprägnirter Dolomit, der indessen weicher als jener ist. Man scheidet dort nicht das Bitumen daraus ab, sondern verwendet das Gestein direct zur Anfertigung des Asphaltkittes.

Anwendungen und Darstellung des Asphaltkittes. — Die größten Massen Asphalt werden, wie Jeder weiß, zur Belegung des Trottoirs gebraucht. Er ist in Betreff der Schönheit, Gleichmäßigkeit, Reinlichkeit und Dauerhaftigkeit noch von keinem zu diesem Zwecke verwandten Material übertroffen worden, wovon sich Jeder in den Straßen unserer Städte überzeugen kann. Eine andere nicht so bekannte Verwendung ist die Darstellung von wasserdichten Röhren zu Gas- und Wasserleitungen, die von Chameroi in Paris eingeführt wurden. Er verfertigt zuerst Röhren von Eisenblech oder Gußeisen und umgiebt diese mit einem Ueberzuge von Asphalt. Hutter stellte Röhren von Glas dar, die mit Asphalt bekleidet wurden, um sie vor dem Zerbrechen zu schützen. Diese werden in großem Maßstabe in den Glashütten von Rive und Sier in Frankreich fabricirt und ebenfalls als Leitungsröhren für Gase und Flüssigkeiten gebraucht. In England nahm der Graf Dundonald 1851 ein Patent nicht allein für die Verfertigung von Röhren aus dem Bitumen von Trinidad, sondern auch für die Fabrikation von Säulen, Pfeilern, Piedestals u. s. w. In Verbindung mit Zeugstoffen wendet er es an, um den Boden der Schiffe dicht zu machen, und legt es dann zwischen das Holz und den Metallbeschlag. Ein anderer nicht minder wichtiger Zweck, zu welchem der Asphalt gebraucht wird, ist die Bedeckung der Drähte der elektrischen Telegraphen.

In den großen Brauereien belegt man jetzt mit Vortheil die Fluren der Malztennen und der Vorrathsräume für das Getreide mit Asphalt, weil man nie zu befürchten braucht, daß Theilchen der gequollenen Körner in den Ritzen der Dielen oder den Fugen der Steine zurückbleiben und dort verfaulen können, wodurch das Resultat späterer Operationen sehr beeinträchtigt werden würde.

In neuerer Zeit legt man in Gebäuden, welche an feuchten Stellen errichtet werden müssen, über das Fundament eine Asphaltschicht und führt auf dieser erst das eigentliche Mauerwerk auf, um das Aufsteigen der Feuchtigkeit in den Wänden zu vermeiden.

Den Kitt bereitet man auf eine höchst einfache Weise, indem man nämlich die Erdharze in einem Kessel schmilzt und dann, nachdem sie eine Zeit lang ziemlich stark erhitzt sind, um alles Wasser und etwa noch zurückbleibende flüchtige Substanzen auszutreiben, so viel gröblich gemahlenen bituminösen Kalkstein oder Kreide und Sand hinzufügt, bis der Kitt eine gewisse Consistenz angenommen hat und nach dem Erkalten zu einer gleichmäßigen Masse erstarrt. Die innige Vermengung des Harzes mit dem Kalke macht den natürlichen bituminösen Kalkstein außerordentlich zur Asphaltkittbereitung geeignet. Kein anderes Mineral kann mit gleichem Vortheile dazu angewandt werden. Der Einfluß der Temperatur, welchem die erhärtete Masse später zu widerstehen hat, muß bei der Bereitung des Kittes sehr berücksichtigt werden. Solche Stellen, die sehr den brennenden Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, wie die Dächer der Häuser, müssen besonders sorgfältig angefertigt werden, da es sich sonst leicht ereignet, daß der Asphalt erweicht und verdirbt. Hierzu wählt man am besten eine Sorte aus, deren Schmelzpunkt möglichst hoch liegt, und fügt dann so viel Zusatz hinzu, als möglich ist, ohne der Festigkeit des Kittes Abbruch zu thun. In sehr kalten Gegenden wendet man dagegen mehr Erdharz an, wodurch der Kitt elastischer wird und besser der Contraction in der Kälte widersteht, ohne zu zerreißen.

Ueber die Darstellung des Asphaltkittes im Canton Neuenburg macht Völckel folgende Mittheilungen:

Der Asphaltstein wird in Stücke zerkleinert und mit Anwendung gelinder Wärme zu Pulver gemahlen. Dieses Asphaltpulver wird mit einem Zusatz von 3 Proc. Mineraltheer (goudron minéral), der in vorzüglicher Qualität in Dar (Depart. des Landes) gewonnen wird, bei starker Hitze und unter beständigem Umrühren zu einem dicken Brei geschmolzen und in beliebige Formen (Asphaltbrode) von ungefähr 50 Pfd. Gewicht gegossen. In dieser Form kommt der Asphalt in den Handel und sucht beinahe alle bevölkerten Gegenden auf, da seine Anwendung stets im Steigen begriffen ist.

Die weitere Verarbeitung des Kitts bietet wenig Verschiedenheit dar. Die Asphaltbrode werden in Stücke geschlagen, in einem eisernen Kessel mit etwa 3 Procent Mineraltheer geschmolzen und mit besonders sortirtem und gewaschenem Kiese bei starker Hitze zu einem gleichmäßigem Brei verarbeitet. Dieser Brei wird auf die zu asphaltirende und besonders zubereitete Fläche zwischen Stäben, die die Dicke der Asphaltlage bestimmen, aufgegossen, mit einem hölzernen Spatel geebnet und auf der Oberfläche entweder mit Sand abgerieben (taloché) oder mit feinem Kies bestreut (granité). Die Dicke der Asphaltlage beträgt bei der Belegung von

Trottoirs ꝛc. 0,012 Meter, für die Belegung von Dreschtennen, Einfahrten, Stallungen ꝛc. 0,030 Meter, für Isolirschichten in Fundamenten 0,1 Meter. Die Erfahrung hat gelehrt, daß bei gehöriger Sorgfalt bei den Vorarbeiten und der Zubereitung des Materials Asphaltlager herzustellen sind, die allen Einflüssen der Witterung, dem Wasser, ja selbst dem Feuer Trotz bieten und ihrem Zwecke vollkommen entsprechen. Allein an vielen Orten sind diese Arbeiten in Mißcredit gekommen, weil man von schlechtem oder künstlich zubereitetem Material Gebrauch machte und weil man den Asphalt der Sparsamkeit halber stark mit dem Mineraltheer, mit Steinkohlen- oder Holztheer mischte oder sonst den Vorarbeiten und der Verarbeitung des Asphaltkittes nicht die nöthige Sorgfalt widmete. (Völckel.)

Poröse Sand- und Mauersteine werden vollkommen luft- und wasserdicht gemacht, wenn man sie kurze Zeit lang in den auf 150° erhitzten Bergtheer eintaucht. Die Luftblasen werden dadurch ausgetrieben und die Poren mit Erdharz ausgefüllt. Solche Steine eignen sich dann sehr gut zur Darstellung von wasserdichten Cisternen, so behandelte Sandsteinplatten zur Anfertigung von Apparaten, die dem Einfluß von Säuren zu widerstehen haben. Es ist ein in der Geschichte der Gewerbe einzeln dastehendes Factum, daß die Anwendung des Asphalts, die im grauen Alterthum ganz allgemein war, für Tausende von Jahren gänzlich verschwand, um dann wieder in ihre alten Rechte eingesetzt zu werden. Wir finden schon in der Beschreibung Babylons der Asphaltmauern erwähnt und entdecken dasselbe Material in den Pyramiden Aegyptens.

In Lobsann werden Platten aus dem fertigen Kitt angefertigt, deren Fabrikation Dumas folgendermaßen beschreibt:

Das Erdharz wird zuerst aus dem Gestein durch Kochen mit Wasser ausgeschmolzen und, wie oben schon angeführt ist, gereinigt. Man schmilzt es dann und mengt ihm so viel gepulverten bituminösen Sandstein bei, daß ein Teig entsteht. Man bringt diesen auf Tische, auf denen sich Papierbogen ausgebreitet befinden, worüber man einen zur Aufnahme des Kittes bestimmten Rahmen legt. In diesen wird die flüssige Masse gegossen und mittelst eines heißen Eisens ausgebreitet. In dem Rahmen ist eine Abtheilung angebracht, wodurch man zwei Platten von einem Quadratmeter Größe erhält. Man bestreut sie mit bituminösem Sand, um ein Aneinanderkleben zu vermeiden. Man kann die Platten dann auf einander legen und in Haufen verpacken. Man wendet sie mit dem Papierbogen nach unten an und fügt sie beim Gebrauche mit demselben Kitte mittelst eines heißen Eisens zusammen. Will man sie an einen anderen Platz bringen, so schneidet man sie auseinander und löthet sie von Neuem zusammen.

Der schöne Mosaik-Asphaltboden auf der Place de la Concorde in Paris wurde nach Ure folgendermaßen gelegt: Der Grund wurde zuerst vollkommen geebnet, mit einem geringen Gefälle nach den Seiten, um das Wasser bei feuchtem Wetter abzuleiten. Der äußere Rand wurde dann mit Steinen eingefaßt, die 4 Zoll über den Grund hervorragten. Der über dem Boden freibleibende Raum wurde darauf 3 Zoll hoch mit Sand, dem $^1/_6$ seines Gewichts hydraulischer Kalk beigemengt war, aufgefüllt, dieser festgestampft und die Oberfläche durch einen dünnen Ueberzug von Mörtel gleichmäßig gemacht. Nachdem die Unterlage vollkommen ausgetrocknet war, wurde das Muster des Mosaiks daraufgesetzt. Die Zeichnungen wurden dadurch hervorgebracht, daß man eiserne Formen von der Höhe der zu legenden Asphaltschicht daraufbrachte und diese dann mit dem geschmolzenen Kitte ausfüllte.

Das zur Darstellung des Mastixes dienende bituminöse Gestein wurde zuerst in einem Ofen aus Eisenplatten, die durch ein kräftiges Feuer erwärmt waren, erhitzt, um alle flüchtigen Substanzen auszutreiben und um es zerreiblicher zu machen. Durch diese Behandlung verlor das Gestein ungefähr 7 Procent an Gewicht. Es wurde dann gröblich gemahlen und durch ein Sieb geworfen, dessen Drähte $^1/_4$ Zoll von einander entfernt waren. Das Erdharz, welches als Bindemittel diente, wurde in kleinen Quantitäten kurz vor seiner Anwendung in einem eisernen Kessel geschmolzen. Sobald es flüssig geworden, wurde zwölf bis dreizehn Mal so viel von dem gerösteten Pulver hineingerührt, als Harz im Kessel vorhanden war. Als auch die Mischung vollkommen flüssig geworden war, fügte man noch feinen Sand hinzu. Das Feuer unter dem Kessel wurde unterhalten, bis das Ganze anfing zu sieden und eine dicke, syrupartige Consistenz annahm. Der dann fertige Kitt wurde mit Löffeln aus dem Ofen genommen und in den Formen ausgebreitet.

In London hat man vor mehreren Jahren versucht, den Asphalt einzuführen. Der Erfolg entsprach aber den Erwartungen durchaus nicht, so daß dieses schätzbare Material dort gänzlich in Mißcredit gerathen ist. Ob das Gelingen an der Untauglichkeit des Asphalts oder an der schlechten Ausführung der Arbeit gescheitert ist, ist nicht erwiesen. Es ist jedoch höchst wahrscheinlich, daß Letzteres der Grund gewesen sei. Denn an mehreren Stellen wurde das Legen bei feuchtem Wetter ausgeführt, und auch auf die Darstellung des Kittes scheint nicht die nöthige Sorgfalt verwendet zu sein. Wenn der Kitt nicht hinreichend lange erhitzt gewesen ist, um alle flüchtigen Substanzen und Wasser zu entfernen, so braucht man an kein Gelingen der Operation zu denken. Man kann dann sicher sein, daß bei dem nächsten Temperaturwechsel das Pflaster zerreißen wird. Hoffentlich wird der Versuch in London, wo so außerordentlich viel für die Herstellung guter Wege gethan wird, mit größerer Sorgfalt wiederholt werden.

Künstlicher Asphalt. An solchen Orten, wo die Transportkosten des natürlichen Erdharzes zu hoch sind, hat man ein Substitut für dieses gesucht und ein Material gefunden, welches an Güte dem Naturproducte nur wenig nachsteht. Dieses ist der Theer, der jetzt in den größten Massen in den Gasfabriken bei der trocknen Destillation der Steinkohlen gewonnen wird. Der Theer besteht im Wesentlichen aus einem Gemenge von verschiedenen Kohlenwasserstoffen. Man kann diese in zwei Hauptclassen theilen, in leicht flüchtige und solche, die einen sehr hohen Siedpunkt haben. Die ersteren sind

natürlich für unsere Zwecke nicht tauglich, da sie verdampfen und das Gestein dann ohne Bindemittel zurücklassen würden. Sie müssen daher entfernt werden, ehe man den Asphaltkitt darstellt. Da sie aber einen nicht unbedeutenden Werth haben (eins der Oele, das Benzol, wird in der Parfümerie angewendet, die übrigen dienen als Leuchtmaterialien und zu anderen Zwecken), so scheidet man sie durch Destillation ab. Diese Operation wird in sehr großartigem Maßstabe in der schon unter Salmiak erwähnten Fabrik der Herren Kurtz, Cropper u. Co. in Liverpool, die gütig genug waren, dem Bearbeiter ihre Werke zu zeigen, ausgeführt. Sie bringen den Theer in dem Zustande, wie sie ihn aus den Gasfabriken erhalten, in einen großen wagenförmigen Dampfkessel, der rings mit Mauerwerk umgeben ist, um die Wärme, so viel wie möglich, zusammenzuhalten. Der Kessel ist mit einem Helme versehen und bildet daher eine große Destillirblase. Der Schnabel des Helmes mündet in ein Kühlfaß, in dem ein Schlangenrohr von enormen Dimensionen liegt. Der Inhalt des Kessels wird durch ein kräftiges Feuer erhitzt und beginnt bald zu sieden. Die Destillation geht anfangs leicht von Statten. Im Condensationsrohre wird eine große Menge der flüchtigen Oele und das dem Theer noch anhaftende Wasser verdichtet und fließt in einem ununterbrochenen Strome ab. Nach und nach steigt der Siedpunkt, die Wasserdämpfe verschwinden ganz und die schwer flüchtigen Oele fangen an zu destilliren. Sobald dieser Zeitpunkt eintritt, muß die Operation unterbrochen werden. Der Inhalt der Retorte wird dann dickflüssig und erstarrt nach dem Erkalten zu einem festen Pech. Würde man die Erhitzung über diesen Punkt ausdehnen, so würde man einen theilweise verkohlten Rückstand erhalten, der sich dann nicht mehr zum Zwecke der Asphaltbereitung verwenden lassen würde. Das im Kessel zurückbleibende Pech wird dann durch einen weiten Hahn am Boden des Kessels mittelst einer Rinne in eine in der Nähe befindliche gemauerte Cisterne abgelassen. Die flüchtigen Oele werden in einem dem Seite 249 beschriebenen ähnlichen Apparate einer Rectification unterworfen. In der erwähnten Fabrik wird die Destillation des Theers nicht zur Asphaltbereitung ausgeführt, sondern um aus dem Rückstande durch Vermischen mit Kohlenklein ein Patent-Feuermaterial darzustellen. Das Product ist aber dasselbe wie das, welches für unseren Zweck verwandt wird.

Soll der Asphaltkitt direct aus dem so gewonnenen Peche dargestellt werden, so läßt man es in einen besonderen gußeisernen Kessel fließen, worin es durch ein schwaches Feuer im Fluß erhalten wird. Als zweites Material wendet man gewöhnlich Kreide an. Diese wird vorher gröblich gemahlen und gesiebt, um die zu großen Stücke zu entfernen, und dann in einem aus eisernen Platten construirten Ofen scharf getrocknet. Die in den Poren der Kreide enthaltene Luft wird hierdurch bedeutend ausgedehnt und die Feuchtigkeit ausgetrieben. Indem das noch heiße Pulver in das flüssige Pech eingetragen wird, bringt dieses beim Erkalten in die Räume ein und vermittelt so ein kräftiges Zusammenhalten der ganzen Masse. Der fertige Kitt wird entweder in beliebige eiserne Formen gegossen und nachher aus diesen herausgeschlagen oder auf dieselbe Weise, wie bei der Fabrikation in Lobsann beschrieben ist, in Platten geformt. Statt eine Unterlage von Papierbogen zu machen, bestreicht man die Platten aber gewöhnlich mit einem Ueberzuge, der aus 60 Th. gepulverter Kreide und 40 Th. Wasser besteht. Der Mastix löst sich dann nach dem Erkalten leicht von den Platten ab. 1000 Th. Theer liefern bei der Destillation ungefähr 200 bis 210 Th. flüchtige Oele und 40 bis 50 Th. Wasser. Es bleiben demnach nahe an $^3/_4$ des angewandten Theeres in Form von Pech zurück.

Wenn man einen bituminösen Kalkstein zu seiner Verfügung hat, so kann man diesen mit demselben Nutzen wie die Kreide anwenden, nachdem er zuvor ebenfalls geröstet, gemahlen und gesiebt ist; er wird dann gleichfalls warm in das heiße Pech eingetragen. In manchen Gegenden zieht man einen Jura-Kalkstein selbst der Kreide vor. Außer der Kreide oder dem Kalkstein fügt man feinkörnigen Flußsand zum Kitt. Dieser wird zugesetzt, sobald die Kreide gehörig von dem Pech durchdrungen ist, und trägt wesentlich zur Dauerhaftigkeit des damit dargestellten Pflasters bei.

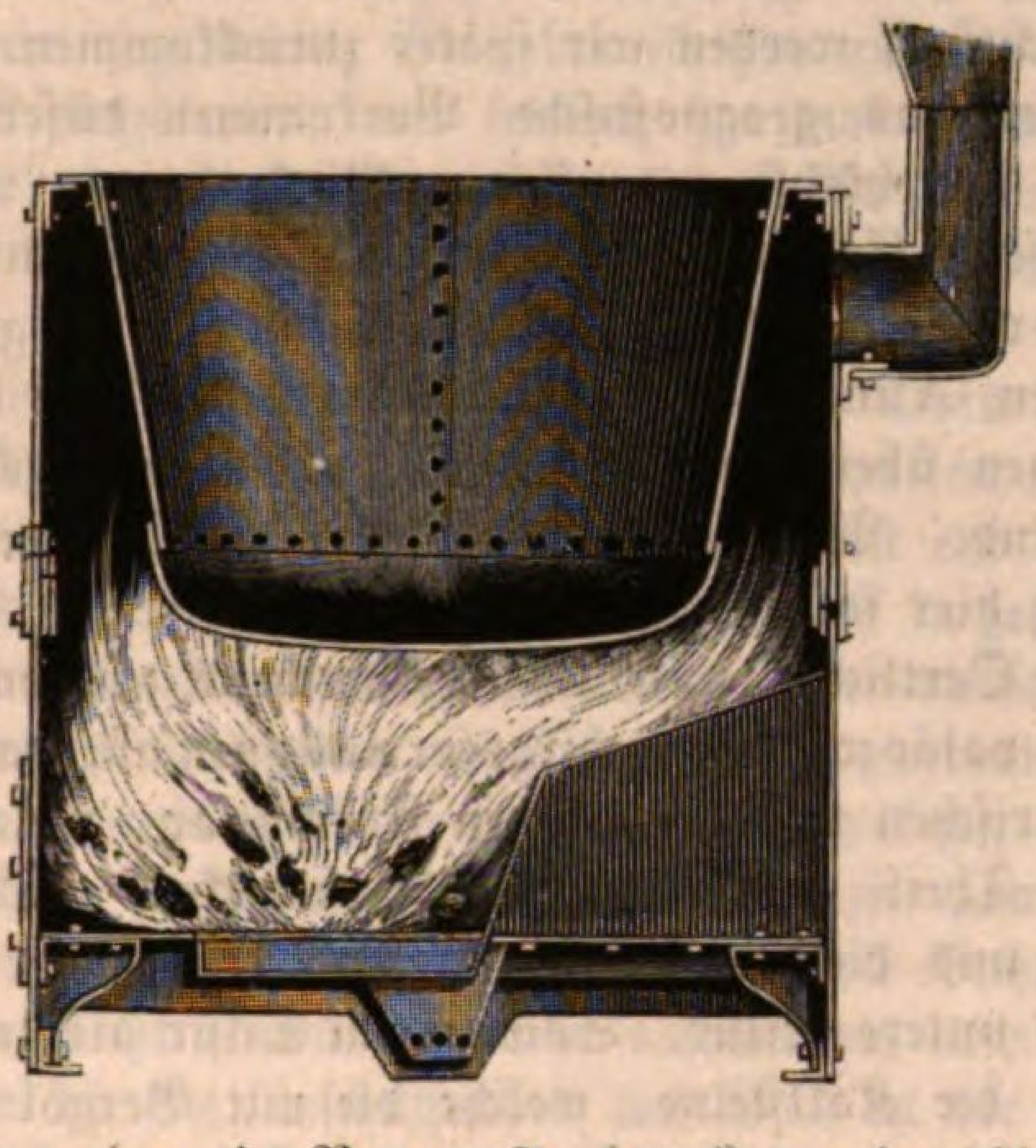
Es ist eine wesentliche Hauptsache bei der Darstellung des Kittes, daß die Substanzen auf das Innigste vermengt werden. Dieses kann nur geschehen, wenn die Masse während des Schmelzens fortwährend in Bewegung erhalten wird. Es ist daher unerläßlich, daß während der Dauer der ganzen Operation wenigstens ein Arbeiter damit beschäftigt ist, den Brei mit einem eisernen Spatel umzurühren. Dieses ist um so nothwendiger, da die unteren Schichten, wenn es unterbliebe, zu stark erhitzt werden und verbrennen würden. Vor einigen Jahren wurde Herrn Baboneau, dem Techniker der Val-de-Travers-Compagnie, ein Apparat patentirt, der diesen Zweck vollkommen erfüllt. Er besteht aus einem eisernen tragbaren Ofen mit Kessel, in dem sich ein Rührapparat befindet. Der Kessel ist oben verschließbar und mit einem Ableitungsrohre versehen, durch welches die entweichenden Dämpfe ins Feuer gelangen und dort verbrannt werden. Durch diesen Apparat wird daher nicht allein der Vortheil der vollständigsten Mischung erzielt, sondern außerdem wird auch die große Unannehmlichkeit, lästig fallende Dämpfe zu haben, vermieden.

Es bleibt uns jetzt, nachdem wir die Anfertigung des Kittes kennen gelehrt haben, nur noch übrig, zu beschreiben, auf welche Weise die Trottoirs und andere Flächen mit demselben überzogen werden.

Ein Haupterforderniß zum Gelingen dieser Operation ist, daß die Unterlage vollkommen fest und trocken sei. Um dieses zu erreichen, räumt man die oberste Erdschicht hinweg und bringt an ihre Stelle eine Lage groben Sand, der mit Stückchen von Kalksteinen oder gröblich gemahlenem Gips gemischt ist. Diese wird vollkommen fest gestampft und geschlagen. Nachdem dieses geschehen ist, trägt man eine zweite dünnere Lage von denselben Materialien, die aber feinkörniger sind, auf. Diese werden ebenfalls festgestampft und dann vollkommen gleichmäßig geebnet, entweder horizontal oder in einer geringen Neigung, um das Regenwasser abfließen zu lassen. Wenn beide Unterlagen vollkommen ausgetrocknet sind, bringt man den vorher geschmolzenen Kitt darauf. Zum Schmel-

zen bedient man sich gewöhnlich eines Ofens, der in Fig. 149 dargestellt ist. Er besteht aus einem einfachen eisernen Windofen, in den ein Kessel eingesetzt werden kann.

Fig. 149.



Claridge, der ein Patent für das Legen des Asphalts nahm, beschreibt seine Methode folgendermaßen: Der Kitt wird geschmolzen und auf je 1 Centner desselben 1 Pfund Bergtheer hinzugesetzt. Zu diesem Zwecke bringt man zuerst den Theer in den Kessel. Wenn dieser zergangen ist, fügt man $1/2$ Centner Kitt hinzu und rührt das Ganze kräftig um. Wenn der Inhalt geschmolzen ist, bedeckt man den Kessel mit seinem Deckel und läßt ihn ein Viertelstunde lang stehen. Dann bringt man die zweite Hälfte des Kittes hinein, läßt diesen schmelzen und wiederholt dieselben Operationen so oft, bis der Kessel gefüllt ist. Der Kitt muß so flüssig sein, daß er leicht von dem Spatel herabtropft. Wenn man einen dickflüssigen Kitt anwenden will, so fügt man keinen Bergtheer hinzu, sondern statt dessen auf jeden Centner 20 bis 30 Pfund Flußsand.

Wenn Alles so weit vorbereitet ist, theilt man die Fläche durch Streifen Holz, die genau die Dicke der zu legenden Asphaltschicht haben, in 2 bis 3 Fuß breite Felder. Auf das erste wird dann ungefähr soviel von dem flüssigen Kitt gegossen, als erforderlich sein wird, es zu füllen. Ein Arbeiter ist dann schon bereit, die Masse gleichmäßig über das ganze Feld zu verbreiten. Er thut dieses, indem er einen hölzernen Spatel, der etwas länger ist, als die Breite des Feldes beträgt, quer über die Schicht, mit seinen beiden Enden auf den beiden Leisten ruhend, zieht. Hierdurch wird der Ueberschuß hinweggenommen und auf solche Stellen gebracht, wo etwa Mangel an Kitt sein sollte. Das erste Feld ist dann fertig. Man geht zum dritten über und behandelt es auf dieselbe Weise, und so abwechselnd stets ein Feld frei lassend, bis die fertigen Schichten so hart sind, daß man sie ohne Gefahr betreten kann. Dann erst werden die übrig gebliebenen belegt. Dies hat den Vortheil, daß man an beiden Seiten frei ist und das Ebnen des Lagers desto besser vornehmen kann. Ehe der Kitt vollkommen erstarrt, bestreut man ihn, wenn er ganz glatt bleiben soll, mit feinem Sande und Kohlenstaub, oder wenn er einen gewissen Grad von Rauhheit annehmen soll, mit grobem Flußsand und drückt diesen mit einer hölzernen Walze in die weiche Masse.

Bei manchen Kettenbrücken hat man mit gutem Erfolge über die noch weiche Asphaltschicht des Fußweges einen Streifen Segeltuch ausgebreitet, der sich dann gleichmäßig an die Oberfläche des Kittes anlegt.

Es soll sehr vortheilhaft sein, namentlich wenn man nicht sicher ist, daß die Unterlage vollkommen trocken sei, vor dem Ausgießen des Asphalts über den Sand eine dünne Schicht von Steinkohlenasche zu sieben.

An feuchten Orten, die man durch eine Asphaltdecke vor Nässe schützen will, muß man noch weit sorgfältiger verfahren. Man construirt sich dann zuerst eine Unterlage, indem man einen Boden von auf der hohen Kante stehenden Mauersteinen bildet. Diese werden aber nicht durch Kalkmörtel an einander gefügt, sondern dadurch, daß man eine Schicht Asphalt darauf ausgießt und die einzelnen Steine noch vor dem Erstarren des Kittes mit einem Spatel etwas von einander entfernt, indem man dadurch den Asphalt in die zwischen je zwei Steinen befindlichen Zwischenräume bringt. Der flüssige Asphalt dringt dann in die entstandenen Oeffnungen und verbindet die Steine mit einander. Nach dem Erhärten dieser Unterlagen verfährt man wie gewöhnlich. Man bringt eine Lage von grobem Sand darauf, stampft sie fest, dann den feinen Sand und endlich die obere Asphaltschicht.

Die Dicke der Asphaltschicht richtet sich je nach der Abnutzung, der sie unterworfen ist; sie variirt zwischen $1/4$ und $5/4$ Zoll. Die günstigste Zeit zum Legen des Asphalts ist der Sommer, da während dieser Jahreszeit das Trocknen der Unterlagen so sehr befördert wird. Die Nässe ist das größte Hinderniß zum Gelingen der Operation, da das Wasser durch den heißen Kitt in Dampf verwandelt wird. Dieser bricht sich einen Weg durch die geschmolzene Masse, läßt auf seinem Wege Löcher zurück und verursacht ein Zerreißen des Ueberzuges.

Wenn man eine trockene, feste Unterlage hat, wie z. B. auf gemauerten Terrassen, Balcons u. s. w., braucht man natürlich keine Sandschichten anzubringen, man kann dann den Asphalt direct auf den Steinen ausbreiten.

In Frankreich wendet man gewöhnlich folgende Verhältnisse an. Auf ein Quadratmeter = $10\,1/6$ Quadratfuß rheinisch, nimmt man für eine Schicht

von $1/2$ Zoll Dicke
44 Pfund Kitt,
$26\,1/2$ Pfund Sand;

für $3/5$ Zoll Dicke
53 Pfund Kitt,
30 Pfund Sand;

für Terrassen
55 Pfund Kitt,
29 Pfund Sand.

Seit einigen Jahren hat man angefangen, selbst farbige Mosaikarbeiten in Asphalt auszuführen. Diese werden dargestellt, indem man, wie schon oben beschrieben ist, den heißen Asphaltkitt in hölzerne oder eiserne Formen

ausgießt, dann vor dem völligen Erstarren eine dünne Schicht Farbe darauf siebt und diese mit einem kleinen Brettchen in die Oberfläche einschlägt. Für weiße Farben ist gepulvertes Porzellan ein sehr gutes Material, für Gelb ein feiner Flußsand, für Roth Eisenoxyd oder rother Thon, für Blau eine ordinaire Smalte u. s. w.

Steinöl. Als Anhang zur Beschreibung der bituminösen Erdharze mag das Steinöl hier einen Platz finden, da es im Wesentlichen mit diesen übereinstimmt.

Das Steinöl, Petroleum, Erdöl oder Naphtha ist ein Product der Zersetzung organischer Substanzen in der Erdrinde. Ob es auf trocknem oder auf nassem Wege, oder durch Hitze unter Mitwirkung von Wasserdämpfen gebildet sei, ist bis jetzt noch nicht entschieden. Es findet sich in der Nähe von manchen Kohlenflötzen und existirt in manchen Gegenden in großen Massen. Die größte Menge wurde bislang im birmanischen Reiche gewonnen. Die dortige geognostische Formation besteht aus einem sandigen Lehm, der ein auf einem Kohlenflötz ruhendes Lager von Thon deckt. Das Oel ist in dem Thon enthalten. Wenn man daher die obere Schicht durchbohrt und in den Thon einen Brunnen gräbt, so sammelt das Oel sich in diesem auf Wasser schwimmend an und wird auf diese Weise zu Tage gefördert. In der Nähe des Ortes Jamanghoung am Flusse Irawaddi sind 520 solcher Brunnen, die jährlich ungefähr 400000 Hogsheads (ein Hogshead = 63 Gallonen à 4 Quart) liefern.

Die Gegend des Districtes Baku am Caspischen See ist wegen der dort befindlichen nie verlöschenden natürlichen Feuer bekannt. Diese entstehen durch die Entzündung der fortwährend aus dem Boden ausströmenden Dämpfe dieses Oels. Die feurigen Quellen werden von den Bewohnern heilig gehalten und die Flammen von ihnen angebetet.

Andere Fundorte des Oels sind Italien, Amiano bei Parma, Frankreich, die Schweiz, Baiern und manche Gegenden Deutschlands, Trinidad, Barbadoes, manche Gegenden von Schottland und England.

Die Bedeutung aller dieser Fundorte ist in neuerer Zeit durch die in Nordamerika entdeckten Erdölquellen fast auf Null herabgesunken. Im Jahre 1859 unternahm ein Farmer, Namens Drake, die Bohrung eines Brunnens. Seine Farm liegt am Ufer eines in $1\frac{1}{2}$ Meilen Entfernung von Madville gelegenen Flusses, der seitdem den Namen Oilcreek erhalten hat. Als man mit dem Bohrer eine Tiefe von 69 Fuß erreicht hatte, erhielt man statt des gesuchten Wassers Oel in Ueberfluß. Seitdem sind in dortiger Gegend eine Menge von Bohrlöchern angelegt worden, aus welchen das Oel zum Theil mittelst Pumpen zu Tage gefördert wird, zum Theil aber von selbst und unter starkem Druck emporsprudelt, so daß es nur in Canälen aufgefangen und zu großen Behältern geleitet zu werden braucht. Nach allen neueren Nachrichten ist die Menge des täglich gewonnenen Oels immer noch im Steigen begriffen, so daß eine baldige Erschöpfung dieser Erstaunen erregenden Oelvorräthe vorläufig nicht zu befürchten ist. Die amerikanische Industrie hat nicht verfehlt, sich dieser Quellen zu bemächtigen, und bringt das Oel theils roh, theils gereinigt in den Handel. Als Leuchtmaterial hat es die größte Aehnlichkeit mit dem aus Kohlentheer oder Schiefertheer gewonnenen Photogen und Solaröl, deren Fabrikation durch die Auffindung der beträchtlichen Mengen natürlichen Oels sehr gefährdet ist. Auf die Eigenschaften des amerikanischen Steinöls als Leuchtstoff werden wir später zurückkommen.

Ueber das geognostische Vorkommen dieser Erdölquellen sind höchst interessante Mittheilungen von dem französischen Consul in Canada, dem Bergwerksingenieur Gauldrée-Boileau gemacht, welche von Nöggerath nach den Annales des Mines bearbeitet und mit Bemerkungen über die wahrscheinliche Entstehungsart versehen sind. Wir lassen diese Arbeit Nöggerath's wörtlich hier folgen.

Die Oertlichkeiten seines Vorkommens gehören sämmtlich den paläozoischen Gebirgsformationen an, namentlich der silurischen und devonischen Formation, welche einen großen Theil von Nordamerika bedecken. Die obere Silur- und die Devonbildung sind reicher an Bergöl, als das untere Silur. Sowohl im Silur als im Devon sind es die Kalksteine, welche die mit Bergöl gefüllten Reservoirs zu enthalten scheinen, im Silur der sogenannte Niagara-Kalkstein, im Devon aber ein Kalkstein, welcher eingeschlossene Hornstein- und Feuersteinknollen, wie die Kreide, enthält und daher Calcaire cornifère genannt wird. Die Bohrlöcher von West-Canada stehen, wie man annimmt, in dem letztgenannten Kalkstein, diejenigen von Pennsylvanien und von Ohio aber in einem porösen Sandstein, welcher mit dem englischen alten rothen Sandstein als von gleichem geologischen Alter betrachtet wird.

Die Mineralöl enthaltenden Schichten der Vereinigten Staaten liegen dem Alleghany-Gebirge parallel, d. h. sie verbreiten sich von Nordost nach Nordwest, vom Ontario-See bis in das Thal der kleinen Kenhawa in Virginien. Der Streifen befaßt die westlichen Grafschaften des Staates von New-York und von Pennsylvanien, einen Theil von Virginien und die an den Ohio grenzenden Theile des gleichnamigen Staates.

Die Oelgewinnungen in dem Kenhawa-Gebirge sind die ältesten, schon seit 1856 in Betrieb, und liefern jährlich beiläufig einhundert Fässer (Barrels) von 40 Gallonen (à 4 Quart). Eine Gallone entspricht 3,63 Liter, folglich das Barrel (Faß) 145,20 Liter*). Die hauptsächlichsten Oelquellen sind aber zu Mecca, Grafschaft Trumball (Ohio-Staat) und zu Titusville, Grafschaft Venungo (Pennsylvanien). Die Indianer haben das Mineralöl hier schon lange gekannt und zu medicinischen Zwecken angewendet. Das Gebiet der Bohrlöcher heißt Oilcreek. Der Betrieb begann hier schon im Jahre 1854, aber erst im Jahre 1859 wurde er mit Erfolg gekrönt. Die Bohrlöcher sind 22 bis 23 Meter tief und Hunderte derselben vorhanden.

*) Die Reductionen des französischen Maßes sind überall leicht zu finden, und deshalb behalte ich dieses Maß des französischen Aufsatzes überall bei. Wo im folgenden Texte von Fässern die Rede ist, ist immer Barrel zu verstehen. Auch die angegebenen Geldwerthe sind französisch, Franken und Centimen.

Zu Mecca soll man noch kein Bohrloch mit beständigem Oelausfluß, keine Springquelle (flowing well) erhalten haben, ungeachtet man bis zu Tiefen von 200 Meter gebohrt hat; aus dem einzigen in Betriebe stehenden Bohrloch muß das Oel gepumpt werden (pumping well), wobei kein Gewinn zu machen ist. Das von den Amerikanern sogenannte Oelfieber ist hier erst im Sommer 1860 eingetreten, und seitdem hat man an tausend Stellen gebohrt, das einzige Oel gebende Bohrloch liefert durchschnittlich täglich zwei Fässer (2,90 Hectoliter) Oel.

In Virginien, Pennsylvanien und im Ohio-Staate befindet sich das Oel meist in den Gebirgsspalten, welche nahe vertical niedersetzen. Das Gestein ist ein Sandstein, bald erscheint er in horizontaler, bald in gestörter, wenig geneigter Schichtung, und dann ist er vielfach zerspaltet; die Ergiebigkeit an Oel steht in directem Verhältniß mit der Anzahl der vorhandenen Spalten. Wenn die Schichten ganz horizontal sind, so trifft man selten Oel darin an. Die Tiefen, in welchen die Bohrlöcher das Oel erreicht haben, sind sehr verschieden, und ebenso verschieden ist die Beschaffenheit des Oels in der Farbe und Consistenz; es kommen diese Abweichungen selbst in geringen Entfernungen von einigen Schritten vor. In dem einen Bohrloch ist das Oel strohgelb, in dem anderen dunkelgrün, und bald wird es von süßem, bald von salzigem Wasser begleitet. Die ausströmenden Gase, welche oft eine Andeutung für das nachfolgende Oel abgeben, sind ebenfalls nicht von gleicher Art. Oft hat man erkannt, daß die oberen Theile der Spalten mit Gas erfüllt sind, darunter folgt erst das Oel, und dieses schwimmt in der Tiefe der Spalten auf Wasser. Die meisten Oelquellen scheinen unter einander in Verbindung zu stehen, so daß das Oel in der einen sinkt, wenn es aus der anderen ausgepumpt wird. In Pennsylvanien vermindert sich auch der Ausfluß bei angestrengtem Betrieb.

In Canada wird das Mineralöl in zwei verschiedenen Gegenden gewonnen, zu Gaspe, beim Busen von St. Lorenz, und in der Grafschaft Lambton, am westlichen Theile der Halbinsel zwischen dem Huronen-, Erie- und Ontario-See. Die Gewinnung zu Gaspe ist sehr unbedeutend. Die Versuche sind aber wenig ernstlich durchgeführt worden. Mit mehr oder weniger großem Glück werden diese Gewinnungen in der Grafschaft Lambton in dem Bezirke von Enneskillen betrieben. Die Bohrlöcher liegen zerstreut in dem Thale Bear-Creek und es war hier das Vorhandensein des Erdöls schon von Alters her den Indianern und den französischen Colonisten bekannt; man hat selbst Spuren von alten bezüglichen Arbeiten gefunden. Die Gesellschaft Williams in Hamilton hat anfänglich (1857) nur festes Bitumen oder Asphalt gewonnen, später aber beim tieferen Niedergehen gefunden, daß sich darunter das flüssige Erdöl befindet. Es sind hierauf (1860) überall Bohrlöcher niedergestoßen worden und deren mehr als Hundert vorhanden. Im Jahre 1860 schätzte man die Gewinnung schon auf 300000 bis 400000 Gallonen (10,890000 bis 14,520000 Lit.) Oel. Die Bohrlöcher variiren in ihrer Tiefe zwischen 13 und 39 Meter. Im Jahre 1861 machte aber ein Unternehmer, Namens Shaw, nach vielen vergeblichen Anstrengungen einen besonders glücklichen Fund. Aus seinem Bohrloche sprang, nachdem er es bis auf 67 Meter abgebohrt hatte, das Oel plötzlich in unerhörter Menge hervor und hat seitdem zu fließen nicht aufgehört. Dieses Bohrloch war in dieser Gegend die erste Springquelle. Man wußte das gewonnene Oel gar nicht mehr unterzubringen. Jetzt hat man zu diesem Zwecke große Reservoirs und auch Apparate vorgerichtet, um das Hervordringen des Oels aus den Bohrlöchern zu vermindern. Die tägliche Production beträgt 1500 bis 2000 Fässer (2178 bis 2904 Hectoliter), wenn man das Oel ungehindert fließen läßt. Zwei andere Bohrlöcher mit Springquellen geben täglich, das eine ungefähr 2000 Fässer (2904 Hectoliter) und das andere 600 Fässer (871 Hectoliter), so daß die drei Bohrlöcher in 24 Stunden zusammen mindestens 4000 Fässer (5808 Hectoliter) Mineralöl zu Tage bringen. Am merkwürdigsten ist aber das ganz neue Bohrloch von Black und Matheson, ebenfalls im Bezirke von Enneskillen; es ist 283 Fuß tief, und das Oel sprang 24 Fuß hoch hervor. Jede Minute liefert 8 Fässer; 10,000 Fässer Oel gingen verloren, ehe man dieser Eruption Meister werden konnte. Dieses Bohrloch liefert mehr Oel, als die drei vorerwähnten Löcher zusammen. Andere Bohrlöcher in diesem Bezirke, welche mit Pumpen betrieben werden müssen, sind viel weniger ergiebig, sie geben täglich bis 30 Fässer jedes. Man schätzt die Gesammtquantität Oel, welche dieser Bezirk in 24 Stunden zu Tage bringen könnte, wenn genügender Absatz dafür vorhanden wäre, auf 8- bis 10,000 Fässer.

In der Grafschaft Lambton entwickelt sich ebenso, wie in Pennsylvanien, auch aus den Bohrlöchern eine große Menge Gas, es giebt sogar Bohrlöcher, in welchen das Mineralöl durch die Gasentwicklung in beständigem Aufkochen zu sein scheint. Das Gas erzeugt ganz eigenthümliche Wirkungen auf die Arbeiter, welche es einathmen; es wirkt auf sie wie das sogenannte Lustgas (Stickstoffoxydulgas). Nicht immer kommt Wasser mit zu Tage, doch meistens, und häufig ist es salzig.

Die Quantität Mineralöl, welche auf den Markt kommt, ist bedeutend im Steigen; nur 25,000 Fässer kamen im Jahre 1860 zur Versendung und im Jahre 1861 wenigstens 125,000. Die Production ist aber jetzt so sehr gewachsen, daß sie nicht mehr mit dem Absatze im Verhältnisse steht. Im Jahre 1859 kostete die Gallone rohes Mineralöl in New-York 1 Fr. 59 Cent. und jetzt nur 76 Cent. Bei diesem Preis haben die Oil men, wie man in Pennsylvanien die Producenten nennt, keinen Gewinn mehr; Alles wird durch die Kosten des Transports absorbirt. Der Transport des nicht raffinirten Mineralöls wird besonders wegen seines unangenehmen Geruchs und seiner leichten Entzündlichkeit vertheuert, indem die Versendung nur unter besonderen Vorkehrungen erfolgen kann. Die schlimme Eigenschaft des stinkenden Geruches ist bedeutend geringer bei dem pennsylvanischen, als bei dem canadischen Mineralöl. Der Berichterstatter nimmt an, daß man am Ursprungsorte die Gallone Mineralöl zu 13 1/2 Cent. stellen könne, und daß bei einem solchen Preise, wenn die Transportmittel, so wie es im Werke ist, wohlfeiler gemacht würden, der Markt für die nützliche Waare auch in Europa auf das Großartigste sich öffnen würde. Schon jetzt sind in Nordamerika für den Vertrieb dieses Oels alle Abfuhr-

mittel in großer Thätigkeit, die Eisenbahn vom Erie, die Centralbahn von Pennsylvanien, der Alleghany-Fluß u. s. w., aber sie sind noch zu theuer.

Es hat ein großes Meeting der Interessenten, Banquiers, Kaufleute und Deputirten der Eisenbahnen in dem Dorfe Black-Creek stattgefunden, um den Transport zu erleichtern und um sich über ein Preis-Minimum der Waare zu einigen, indem die ungeheure Production und die große Concurrenz das Geschäft zu vernichten bedroht. Auf die Colonisation hat die Entdeckung des Mineralöls in Canada sehr wohlthätig gewirkt. Die Gegend von Enneskillen war vor wenigen Jahren noch mit dichten Wäldern bedeckt und kaum bewohnt. Jetzt ist Wyoming eine Station der Great-Western-Eisenbahn, eine kleine Stadt von Tausend Seelen, und das Dorf Black-Creek ist ganz neu entstanden.

Die amerikanischen Bohrapparate sind noch sehr in der Kindheit, und dürfte es von keinem Werthe sein, hier auf die Schilderung der Manipulation näher einzugehen. Im oberen losen Gebirge werden die Bohrlöcher mit Holz ausgefüttert.

Das Mineralöl findet seine vorzüglichste Anwendung unmittelbar zur Beleuchtung und zur Darstellung des Leuchtgases, dann aber auch als Heizungsmaterial; seine Benutzung zur Heizung der Dampfkessel auf den Schiffen der amerikanischen Meere ist bereits sehr allgemein geworden und würde es in einem noch größeren Maße sein, wenn dazu nicht besondere Vorkehrungen erforderlich wären. Das Oel wird jetzt theils an Ort und Stelle, theils auch schon in England raffinirt. In diesem Zustande ist es ein ganz vorzügliches, ungefärbtes und geruchloses Präparat von großer Leuchtkraft, und ebenso liefert das Oel bei seiner Zersetzung in höherer Temperatur ein Leuchtgas, welches eine viel stärkere Leuchtkraft besitzt, als jedes auf andere Weise dargestellte. Es werden zur Bereitung des Leuchtgases eigene Vorrichtungen angewendet. Die Producte, welche sonst noch aus ihm gewonnen werden können, sind: sehr reine Naphtha, Benzol oder Benzin (die Basis der werthvollen Anilinfarben), Naphtalin, Paraffin, schwere Oele zu Maschinenschmiere und Theer. Aus dem Paraffin werden Kerzen gemacht, welche, wenn sie gut bereitet sind, mit Wachslichtern rivalisiren können. Noch andere, minder wichtige Verwendungen des Mineralöls unterlasse ich näher anzuführen.

Das Vorstehende sind also die wesentlichsten Thatsachen, meist nach dem Berichte von Gauldrée-Boileau über die Geschichte der Entdeckung des amerikanischen Mineralöls, seine Art des Vorkommens und seine Productions- und mercantilischen Verhältnisse.

Eine weitere Frage über den Gegenstand ist aber die: wie ist diese ungeheure Menge von Mineralöl entstanden und durch welche Verhältnisse wird dasselbe in den Bohrlöchern an die Oberfläche geführt? Bei der folgenden Beantwortung steht der Schreiber dieses (Nöggerath) meist auf eigenen Füßen, welches derselbe nur deshalb hier andeutet, damit ihm auch allein die Verantwortlichkeit seiner Ansichten verbleibt, wenn dieselben in Folge weiterer Ermittelungen nicht stichhaltig verbleiben möchten, welches aber bei dem genauen Anschließen an die bekannten thatsächlichen Verhältnisse kaum wahrscheinlich sein dürfte.

Die nordamerikanischen Geologen nehmen an, das Mineralöl sei das Product der langsamen Zersetzung von vegetabilischen und thierischen Substanzen und der Neubildung von anderen chemischen Verbindungen ihrer Elemente, welche in dem Mineralöl und in den damit ausströmenden Gasarten nachweisbar sind. Sie halten dafür, daß es Anhäufungen von Seepflanzen, vorzüglich von Fucusarten und von thierischen ehemaligen Meeresbewohnern seien, welche das ursprüngliche Material zu dem Mineralöl dargeboten haben, und daß das in jener Weise entstandene Mineralöl in den Gebirgsschichten enthalten sei, welche mit den Bohrlöchern durchstoßen werden.

Eine sehr langsame Destillation fördere dann aus diesen mit Oel erfüllten Schichten und ihren Spalten dasselbe in die Bohrlöcher und weiter bis an die Oberfläche. Zum Beweise dessen führen sie an, daß in Canada der horn- und feuersteinführende Kalkstein, der sogenannte Calcaire cornifère, ganz mit Mineralöl durchdrungen sei und eine große Anzahl von fossilen Korallenästen enthalte; namentlich aus den Gattungen Heliophyllum und Tavosites, deren Zellen mit Oel erfüllt sind, wie die Bienenzellen mit Honig. Sie sagen aber auch ausdrücklich, daß andere Schichten von dichtem Kalkstein, welche keine Korallen und kein Oel enthalten, unter und über jenem korallen- und ölführenden Kalkstein lagern.

Gegen den ersten Theil dieser Annahmen dürfte Nichts einzuwenden sein. Wir kennen die eigenthümlichen Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff, wobei auch mitunter Sauerstoff und Stickstoff eine mehr untergeordnete Rolle spielen, nämlich diejenigen Substanzen, welche Naphtha, Bergöl, Bergtheer, Erdharz und Asphalt, je nach ihrer chemischen Zusammensetzung und Consistenz heißen, nicht anders als Producte der langsamen Zersetzung und der Neubildung aus Vegetabilien und Animalien, welche in den Gebirgsschichten der Erdrinde abgelagert sind. Die Steinkohlen, Braunkohlen und selbst der unter Wasser noch heut zu Tage sich fortbildende Torf gehören in dieselbe Reihe von Körpern solcher Entstehung; diese enthalten alle mehr oder weniger Bergöl (Bitumen). Es entquillt das Bergöl selbst aus Steinkohlenflötzen, namentlich in England, zu Colebrook-Dale in Staffordshire, Coal Port, Pithford u. a. O. in Shropshire, manchmal so reichlich, daß die Bergleute dagegen in den Schachten und Stollen durch Bretter geschützt werden müssen. Der Anthracit schließt sich ebenfalls den Stein- und Braunkohlen an; er hat nur sein Bitumen verloren und die fast reine Kohle ist in ihm allein übrig geblieben. Der verdienstvolle Geologe Naumann sagt sehr richtig: „Freilich giebt es nur eine (Gebirgs-) Formation, welche in allen Gegenden ihres Vorkommens so gesetzmäßig und auch meist so reichlich mit Steinkohlenflötzen gesegnet ist, daß sie mit vollem Recht par excellence als Steinkohlenformation aufgeführt wird." Aber das schließt nicht aus, wie derselbe Schriftsteller ebenfalls richtig bemerkt, daß in allen sedimentären Formationen Steinkohlen erwartet werden können, und sie sind auch in den beiden Formationen, welche im Alter der Entstehung der eigentlichen Steinkohlenformation vorangehen, nämlich im Silur und im Devon, in verschiedenen Gegenden gefunden worden. In der Silurformation kennt man Anthracitflötze in der

Graffschaft Cork in Irland und bei Vallongo östlich von Oporto in Portugal, und in der devonischen Formation in den französischen Departements der Maine und der Loire bei Monzeil, Montrelais, Saint-Georges-Châtelaison u. a. O., wo die Anthracite mächtige irreguläre Lager (sogenannte Stöcke) in mehrfacher Anzahl bilden, ferner in Asturien bei Arnano unweit Aviles, auch zu Feronhes, wo ein steilaufgerichtetes Steinkohlenflötz sogar eine Mächtigkeit von 12 bis 24 Fuß besitzt, und endlich kommt bei Sabuo in der Provinz Leon eine bedeutende Anzahl von Kohlenflötzen vor, wovon einige stellenweise eine Mächtigkeit von 50, 60, ja sogar von 100 Fuß besitzen. Man kann daher der Annahme nach auch in den Erdölbezirken von Nordamerika mit vollem Recht Steinkohlenflötze und sie begleitende bituminöse Schiefer in den Schichtenfolgen der Silur- und Devonformationen vermuthen, aus welchen das Mineralöl ursprünglich herstammt.

Ferner nehmen die nordamerikanischen Geologen gewiß mit Recht an, daß in den fraglichen Bezirken Meerespflanzen, Fucoiden, vorzüglich das Material zu den Steinkohlen- und Bitumenbildungen in den Oelbezirken hergegeben haben, da diese unter den vegetabilischen Resten der Silur- und Devonformationen gerade diejenigen sind, welche sehr zahlreich vorwalten; in den Epochen dieser Gebirgsbildungen hat es nur sehr wenig Landpflanzen gegeben. Es schließt dieses aber nicht aus, daß auch Meeresthiere, welche in beiden Formationen so sehr zahlreich vertreten sind, mit zu den Steinkohlen- und Bitumenbildungen beigetragen haben werden; die stickstoffhaltigen Gase, welche sich mit dem Mineralöl aus den Bohrlöchern entwickeln, deuten unverkennbar darauf hin.

Keine Wahrscheinlichkeit hat aber die Hypothese einiger nordamerikanischen Geologen für sich, daß in den Oelgebieten von Canada der mehrerwähnte hornsteinführende Kalkstein, durch welchen die Bohrlöcher niedergestoßen werden, der eigentliche Sitz des Mineralöls sei. Dieser Kalkstein führt wohl nur deshalb Mineralöl, weil die Höhlungen der Korallen Räume darbieten, welche die flüssige Substanz aufnehmen können. Es liegt auch dieser korallen- und ölführende Kalkstein zwischen anderen Kalkschichten von dichtem Gefüge, welche kein Mineralöl enthalten. Wir haben oben erfahren, daß das Mineralöl vorzüglich nur an solchen Punkten mit den Bohrlöchern getroffen wird, wo im Gebirge tief niedersetzende Spalten vorhanden sind, und es werden auch gerade diese als die eigentlichen Oel-Reservoirs angesehen. Es ist natürlich, daß diese Spalten, da sie auch den porösen Korallenkalkstein durchsetzen, diesem Oel zuführen mußten, welches sich in seinen leeren Räumen ablagern konnte. Die steinkohlenartigen oder bituminösen Schieferschichten, welche ganz oder theilweise ihre ursprüngliche Entstehung den Ablagerungen der Fucoiden und Animalien verdanken, nämlich diejenigen Schichten, welche das Oel enthalten und liefern, liegen gewiß tiefer, als jener Kalkstein. Das aus ihnen kommende Mineralöl wird in den Bohrlöchern von aufsteigenden Wasserquellen getragen und steigt, wenn der hydrostatische Druck groß genug ist, springbrunnenartig über die Erdoberfläche empor und bildet dann artesische Brunnen, welche Wasser und Mineralöl ergießen. Die noch viel leichteren Gase als das Oel müssen natürlich zuerst hervortreten.

Das Mineralöl werde langsam aus den Schichten, welche es enthalten, herausdestillirt, so glauben weiter einige Geologen von Nordamerika. Dieses dürfte sich aber mit den bekannten Erfahrungen über die Zunahme der Wärme im Innern der Erdrinde schwerlich in Einklang bringen lassen. Es müßten nämlich zur Begründung dieser Hypothese die mineralölführenden Schichten 7500 bis 8000 Fuß tief unter der Oberfläche liegen, wo erst die Temperatur der Siedhitze des Wassers vorhanden sein kann. Nur bei einer solchen Temperatur könnte Mineralöl aus den Schichten, welche es enthalten, destilliren und sich in den höheren Räumen condensiren. Eine solche Tiefenlage jener Schichten ist an und für sich nach dem ganzen Phänomen nicht vorauszusetzen und zwar um so gewisser nicht, als sonst das aus den Bohrlöchern tretende Oel eine hohe Temperatur haben müßte, nämlich eine solche, welche nahe der Siedhitze des Wassers wäre. Das ist aber nicht der Fall, und in den vorliegenden genauen Nachrichten ist nicht einmal gesagt, daß das Mineralöl warm hervortrete, welches, wenn es stattfände, gewiß als eine Merkwürdigkeit hervorgehoben wäre.

Die einfache Schwere der großen auflastenden Masse, der dadurch erzeugte bedeutende Druck kann allein das Mineralöl aus den Steinkohlen oder Schiefern auspressen und in die vorhandenen Spalten drücken, in welchen ebenfalls auffsteigende Quellwasser vorhanden sind. Die Bohrlöcher communiciren mit diesen Spalten, und so liegt es in der Nothwendigkeit, daß das Mineralöl und das Wasser durch hydrostatischen Druck an die Oberfläche gefördert wird.

Bei den oben angeführten Beispielen von Steinkohlenflötzen in England, welche ihr Mineralöl aus den Spalten des umgebenden Gesteins ausfließen lassen, wird dieses ebenfalls lediglich auf diese mechanische Weise bewirkt. Destillation kann dabei durchaus nicht im Spiele sein. Befremden kann es ferner nicht, daß das Wasser der Bohrlöcher oft salzig ist. Salzquellen sind im Allgemeinen zahlreich in den nordamerikanischen älteren Gebirgsformationen und deuten die darin gewiß vorhandenen Steinsalzablagerungen an, obgleich sie selbst noch nicht aufgefunden sind.

Daß aber die Bohrlöcher immer ihre dermalige Productivität beibehalten, ist kaum anzunehmen. Die Zeit, wie lange sie ihr Mineralöl fließen lassen, wird abhängen von der Quantität dieser flüssigen Substanz, welche in den Schichten enthalten ist, und von der Leichtigkeit, mit welcher diese dieselbe abgeben. Immer mag es noch eine sehr lange Zeit währen, ehe die weit verbreiteten Schichten davon mehr oder weniger erschöpft sein werden. Niemand kann dafür ein Zeitmaß auguriren; giebt es doch anderwärts, wie wir oben angeführt haben, Mineralölquellen, welche schon im hohen Alterthume geflossen haben und noch immer dasselbe Product spenden. Neue Bohrlöcher werden wieder Mineralöl liefern, wenn die alten der Erschöpfung nahe sind. (Nöggerath.)

Das reine Steinöl ist eine wasserhelle Flüssigkeit. Es kommt indessen höchst selten in diesem Zustande in der Natur vor, sondern gelb bis braun gefärbt, und zeigt ein eigenthümliches Irisiren. Es ist ein Gemisch von

verschiedenen Kohlenwasserstoffen von verschiedenen Gewichten und verschiedenen Siedpunkten. Sein specifisches Gewicht variirt zwischen 0,750 und 0,880. Es fängt bei 80° an zu sieden, das Thermometer steigt aber in dem Maße, wie die flüchtigeren Theile abdestilliren, bis über 300°. Nach Untersuchungen von Pelletier und Welther besteht es aus Paraffin und drei verschiedenen Oelen, dem Naphtha $C_{14}H_{13}$, dem Naphthen $C_{16}H_{16}$ und dem Naphthol $C_{12}H_{11}$. Es löst sich in jedem Verhältnisse in absolutem Alkohol, in fetten und ätherischen Oelen und in Aether. Kalium und Natrium üben selbst in der Siedhitze keinen Einfluß auf das Steinöl aus. Es läßt sich nicht ohne Zersetzung vollkommen verflüchtigen. Mit Wasserdämpfen destillirt es aber leicht über. Concentrirte Schwefelsäure, rauchende Salpetersäure und Aetzkali zersetzen einen Theil der Beimischungen des Oels und lassen dann, nachdem successive alle drei Reagentien auf dasselbe eingewirkt haben, eine Substanz zurück, die allen ferneren Einwirkungen widersteht und nur vom Chlorgas zersetzt wird. Diese ist nach der Destillation eine wasserhelle Flüssigkeit, deren Zusammensetzung noch nicht ermittelt ist.

Das reinste Steinöl kommt von Persien. Es ist wasserhell, hat ein specifisches Gewicht von 0,853 und siedet bei 182°.

Es wird an seinen Fundorten als Leuchtmaterial in Lampen gebrannt und dient dort auch als Heizmittel, indem man einen Klumpen trockenen Thon damit tränkt und diesen anzündet. Das nach Europa eingeführte und dort gewonnene wird zur Anfertigung mancher Firnisse, als Lösungsmittel für Kautschuk und zur Aufbewahrung solcher Substanzen, die jede andere Flüssigkeit zersetzen und an der Luft oxydirt werden, gebraucht. In letzterer Zeit ist es auch in die Heilkunde eingeführt und befindet sich unter den vielen gegen die Cholera vorgeschlagenen Specifica. Ob ihm dort ein Platz gebührt, muß erst noch durch die Erfahrung bewiesen werden.

Zahlreiche frühere Untersuchungen, die von Saussure, Boussingault, Thomson, Hermann, Ure u. A. angestellt waren, hatten das Steinöl als ein Gemenge verschiedener Oele von verschiedenem Siedpunkt und verschiedenem specifischen Gewicht bezeichnet. Durch neuere Untersuchungen von Warren de la Rue und H. Müller, die mit dem persischen Oel oder Burmah- oder Rangoontheer arbeiteten, und von Bussenius, Eisenstuck und Uelsmann, welche das Oel von Seende in Hannover studirten, haben dieses bestätigt. Destillirt man das persische Oel mit Wasserdampf, so gehen zwischen 100 und 145° C. etwa 20 Proc. des Oels über, das Uebrige destillirt bei höherer Temperatur. Dieser letztere Antheil scheidet in der Kälte farblose Krystalle ab, die aber auch ein Gemenge von wenigstens zwei verschiedenen, aber gleich zusammengesetzten Körpern sind. Die Destillate werden bei der Behandlung mit Salpetersäure oder Schwefelsäure zum Theil in Nitro- und Sulfoverbindungen verwandelt, zum Theil aber nicht von diesen Säuren angegriffen. Von ersteren wurden isolirt das Nitrobenzol, Dinitrotoluol, Trinitroxylol, Sulfotoluolsäure u. a., woraus hervorgeht, daß in diesem Oel die dem Steinkohlentheer eigenthümliche Reihe von Kohlenwasserstoffen, deren Repräsentant das Benzol ist, enthalten ist.

Das Steinöl wurde namentlich früher allgemein Naphtha genannt, dieser Name ist von dem orientalischen Worte nafata, ausfließen, entstanden. Jetzt existiren aber nicht weniger als vier Substanzen, die durch denselben Ausdruck bezeichnet werden. Diese sind erstens das Steinöl, zweitens das von Pelletier und Welther daraus abgeschiedene Oel, drittens die flüchtigen Oele, welche bei der Destillation des Steinkohlentheers erhalten werden, und viertens der Holzgeist, der im Wesentlichen Methylalkohol ist. Durch diese gleiche Benennung so gänzlich von einander abweichender Körper kann nur Verwirrung entstehen und es wäre daher sehr zu wünschen, daß der Name Naphtha immer mehr aus der chemischen Nomenclatur verdrängt würde. *Stohmann.*

Baryt.

Oxyd des Metalls Baryum. Symbol Ba. Atomgewicht 68,5.

Geschichtliches. Die Entdeckung des Baryts und seiner in der Natur vorkommenden Verbindungen gehört der neueren Zeit an. Des jetzt unter dem Namen Schwerspath allgemein bekannten Minerals wird zuerst im Jahre 1602 erwähnt und zwar von einem Schuster, Vincentius Casciocolus in Bologna, welcher die Entdeckung machte, daß dieses Mineral durch Glühen mit Firniß und Kohlenstaub die Eigenschaft erlangt, phosphorescirend zu werden. Die so zubereiteten Steine wurden als lapis solaris oder Bologneser Steine von Bologna versandt. Die Zusammensetzung des Schwerspaths erkannte man aber nicht und noch um 1760 wußte man darüber nichts Weiteres, als daß es Marggraf gelungen war, daraus durch Glühen mit Kohle Schwefelleber darzustellen, woraus derselbe folgerte, daß im Schwerspath Schwefelsäure enthalten sein müsse.

Die Baryterde erkannte zuerst Scheele 1774, er fand sie aber nicht im Schwerspath, sondern in einem barythaltigen Braunstein. Kurze Zeit darauf wies sie Gahn im Schwerspath nach.

Bergmann und Lavoisier erklärten den Baryt für das Oxyd oder den Kalk eines Metalls, ohne aber das Metall isoliren zu können.

Berzelius und Pontin und fast gleichzeitig Davy erhielten im Jahre 1808 die Verbindung des Quecksilbers mit dem Metall Baryum, und Davy zerlegte das

Amalgam zuerst durch Destillation, wobei das neue Metall zurückblieb. Bunsen und Matthiesen lehrten in neuester Zeit die Reduction des Baryums aus geschmolzenem Chlorbaryum durch den galvanischen Strom.

Bergmann führte den Namen Schwererde, Terra ponderosa, ein, nach dem Vorkommen im Schwerspath. Gayton de Morveau leitete von βαρύς schwer den Namen Barote ab, der später in Baryt verwandelt wurde, und nach diesem erhielt das daraus abgeschiedene Metall den Namen Baryum oder Barium.

Vorkommen. Das metallische Baryum kann nie sich in der Natur finden, weil es eines der am leichtesten oxydirbaren Elemente ist. Von Barytsalzen kommt namentlich der schwefelsaure Baryt, Schwerspath, in manchen großen Lagern vor, außerdem, jedoch nicht in so ausgedehnten Massen, der kohlensaure Baryt oder Witherit. Von seltener vorkommenden Mineralien ist der Barytocalcit von Alston Moore, nach Brooke kohlensaurer Baryt-Kalk; der Barytocalcit von Yorkshire, nach Thomson schwefelsaurer Baryt-Kalk; der Barytocölestin, schwefelsaurer Baryt mit variabelen Mengen von schwefelsaurem Strontian, und endlich der Barytharmotom, ein wasserhaltiges Baryt-Thonerde-Silicat, zu erwähnen. Wenngleich das Vorkommen des Baryts im Allgemeinen ein localisirtes zu nennen ist, so scheint er sich doch verbreiteter zu finden, als man gewöhnlich annimmt, und es ist vielleicht der Baryt ein häufiger Begleiter des Kalkes. Lutterkorth wies Baryt im bunten Sandstein der Gegend von Göttingen nach, nachdem Eckard Baryt in der Asche des auf diesem Sandstein gewachsenen Buchenholzes gefunden hatte.

Baryum. Darstellung und Eigenschaften. Berzelius und Pontin stellten zuerst das Baryumamalgam durch galvanische Zersetzung des Barythydrats dar, wobei der negative Pol in Quecksilber tauchte, mit welchem sich das Metall zu Amalgam verband.

Davy destillirte dieses Amalgam in gebogenen, zugeschmolzenen mit Steinöldampf gefüllten Röhren von Glas oder Eisen, wobei das Quecksilber sich in dem einen Schenkel condensirte, während das Baryum zurückblieb. In neuerer Zeit ist das Baryum von Bunsen, Matthiesen, Caron, Beketoff dargestellt worden.

Nach Bunsen gelingt die Reduction des Baryums leicht durch Anwendung eines galvanischen Stromes von großer Dichtigkeit. Er wendet dazu eine Zersetzungszelle an, deren einer Pol durch die innere Hohlfläche eines mit Salzsäure gefüllten Kohlentiegels gebildet wird, welcher in einem Porzellantiegel steht und mittelst eines Wasserbades heiß gehalten wird. Eine in diesem Kohlentiegel stehende, zur Aufnahme der Zersetzungsflüssigkeit bestimmte kleine Thonzelle enthält als zweiten Pol einen amalgamirten Platindraht, an dessen Oberfläche der radial von den Tiegelwänden ausgehende Strom zu einer großen Dichtigkeit zusammengedrängt wird. Wendet man zur Zersetzung einen Brei von feingeriebenen Chlorbaryum-Krystallen, die mit salzsäurehaltigem Wasser angerührt sind und auf 100° erhitzt werden, an, so läßt sich leicht das Amalgam in Mengen von ihnen erhalten. Das so gewonnene Baryumamalgam ist fest und krystallinisch; es erhitzt sich an feuchter Luft bedeutend unter Abscheidung von Barythydrat. Wird es in einem ausgeglühten Kohlenschiffchen im Wasserstoffstrome erhitzt, so bleibt das Baryum als eine poröse, aufgeblähte Masse zurück, in deren Blasenräumen oft eine silberweiße, metallglänzende Oberfläche sichtbar ist. (Ann. Chem. Pharm. 92, 248.)

Matthiesen reducirt die Metalle der alkalischen Erden, also das Calcium, Baryum, Strontium aus den geschmolzenen Chloriden bei schwacher Glühhitze. Wasserfreies Chlorbaryum wird mit Salmiak gemischt und im hessischen Tiegel geschmolzen. Ein kleiner Porzellantiegel und eine darin befindliche Thonzelle wird mit dem geschmolzenen Salze gefüllt, so daß die Thonzelle etwa einen Fingerbreit höher, als der Tiegel damit angefüllt ist; die Thonzelle ist von einem als positives Ende dienenden Eisenblechcylinder umgeben und in die Thonzelle taucht ein sehr dünner kurzer Eisendraht, welcher an einem dickeren befestigt ist und sammt diesem, bis auf das unten hervorragende kurze Stück, von einer irdenen Pfeifenröhre umgeben ist. Die Temperatur wird so regulirt, daß die in der Thonzelle enthaltene Masse oberflächlich eine erstarrte Kruste bildet, um unter derselben das reducirte Metall zurückzuhalten und vor der Verbrennung zu schützen. Als Erreger des galvanischen Stroms wird eine Batterie von sechs Bunsen'schen Elementen angewendet. Man erhält dabei das Baryum nicht in größeren Massen, sondern nur als ein fein vertheiltes Pulver, weil es bei der Ausscheidung sofort auf die Thonerde und Kieselsäure der Pfeifenröhre einwirkt und seine Kügelchen sich dabei mit einer Schicht von Baryt umgeben, welche das Zusammenschmelzen hindert. Das pulverförmige Baryum ist messinggelb, zersetzt Wasser bei gewöhnlicher Temperatur und oxydirt sich an der Luft rasch. Wird an der Stelle des Eisendrahts ein Platindraht als negatives Polende angewandt, so bildet sich eine gelbe spröde Legirung von Platin und Baryum, welche Wasser langsam zersetzt und dabei fein vertheiltes Platin zurückläßt. (Ann. Chem. Pharm. 93, 277; Chem. Soc. Quaterly Journ. 8, 294; Liebig u. Kopp's Jahresb. 1855, 323.)

Legirungen von Baryum mit Wismuth lassen sich nach Caron darstellen, indem man zunächst eine Legirung von Wismuth und Natrium bereitet und diese auf rothglühendes geschmolzenes Chlorbaryum wirken läßt. Man erhält dadurch eine krystallinische Metallmasse, welche auf 28 Th. Baryum 72 Th. Wismuth enthält. Eine Legirung von Zinn mit Baryum erhält man, indem man kohlensaures Natron, Kohle, Chlorbaryum und staubfein zertheiltes Zinn so lange erhitzt, bis sich keine Natriumdämpfe mehr entwickeln. Diese Metalllegirungen werden durch Hitze nicht zersetzt. In Wasser wird das Baryum unter Wasserstoffentwicklung oxydirt, und das andere Metall scheidet sich als Pulver aus. (Ann. Chem. Pharm. 111, 114.)

Eine Legirung von Aluminium und Baryum erhält man nach Beketoff, indem man wasserfreien Baryt mit etwas Chlorbaryum mischt, zum Schmelzen erhitzt und Aluminium zufügt. Die Legirung bildet eine großstrahlige Metallmasse, von etwas dunklerer Farbe als Aluminium, die auf einigen Flächen gelblichen Reflex zeigt und bis 33 Proc. Baryum enthält. Sie zersetzt Wasser bei ge-

wöhnlicher Temperatur, aber ohne demselben alkalische Reaction zu ertheilen, wahrscheinlich weil mit dem Baryum gleichzeitig das Aluminium oxydirt wird und der Baryt mit der Thonerde eine unlösliche Verbindung eingeht. (Ann. Chem. Pharm. 110, 374.)

Baryumoxyd, Baryt, Aetzbaryt, BaO. Der reine Baryt bildet sich beim Glühen des salpetersauren Baryts, des jodsauren Baryts, beim Glühen von kohlensaurem Baryt bei Gegenwart von Kohle, aus dem schwefelsauren Baryt, wenn man diesen zum Weißglühen erhitzt und Wasserdampf darüber leitet. Am leichtesten erhält man ihn rein, indem man reinen salpetersauren Baryt anfangs gelinde erhitzt, wobei er schmilzt und unter Entwicklung von Untersalpetersäuredämpfen stark aufschäumt, und nachdem die Zersetzung nahezu beendet ist, wieder fest wird. Alsdann wird bis zum lebhaften Rothglühen erhitzt, bis keine Spur von rothen Dämpfen mehr entweicht. Das Schmelzen und Aufschäumen macht diese Operation lästig, indem zu verhältnißmäßig kleinen Mengen sehr große Tiegel angewendet werden müssen. Es ist daher jedenfalls zweckmäßiger, wenn man nicht auf einmal die Gesammtmenge des salpetersauren Baryts zersetzt, sondern es in mehreren Operationen ausführt. Ein Tiegel von hessischem Thon wird zwischen Kohlen zum Rothglühen gebracht und alsdann eine kleine Menge salpetersaurer Baryt mit einem Löffel eingetragen. Dieser kommt sofort zum Schmelzen und zersetzt sich rasch. Sobald das Aufschäumen beendet ist, fügt man wieder einen Löffel voll hinzu u. s. f., bis allmälig die ganze Menge zersetzt ist, worauf man erst bis zum stärksten Glühen erhitzt, um die letzten Spuren der salpetrigen Säure auszutreiben.

Der so hergestellte Aetzbaryt bildet eine lockere, leicht zerreibliche Masse, die nur vor dem Knallgasgebläse oder im stärksten Essenfeuer schmilzt. An feuchter Luft bläht er sich auf und zerfällt, ähnlich wie der Aetzkalk, wobei ein Gemenge von Barythydrat und kohlensaurem Baryt entsteht. Beim Glühen in Thontiegeln nimmt er immer etwas Kieselsäure und Thonerde, nebst Spuren von Eisenoxyd auf und ist mit diesen verunreinigt. Wendet man zur Zersetzung des salpetersauren Baryts Platintiegel an, so werden diese angegriffen und der Aetzbaryt enthält Platinoxyd.

Soll der Aetzbaryt zur Darstellung von Barythydrat verwendet werden, so ist folgende, von Mohr angegebene Methode am zweckmäßigsten. Salpetersaurer Baryt wird mit seinem gleichen Gewicht schwefelsaurem Baryt gemischt und als nicht zu feines Pulver in einen Tiegel gebracht, dessen innere Wände mit einem dicken Brei von schwefelsaurem Baryt und Wasser ausgestrichen und wieder getrocknet sind. Der Deckel wird lutirt und dann der Tiegel im Gebläseofen zum heftigsten Weißglühen erhitzt. Durch die Beimischung des schwefelsauren Baryts geht die Zersetzung ruhig und ohne Aufschäumen von Statten.

Für manche technische Zwecke, namentlich für ein besonderes Verfahren der Zuckerfabrikation bereitet man den Aetzbaryt durch Glühen von natürlich vorkommendem kohlensaurem Baryt, Witherit, mit Kohlenpulver im Flammofen. Der kohlensaure Baryt verliert, wenn er für sich erhitzt wird, seine Kohlensäure erst bei sehr hoher Temperatur, so daß durch Glühen direct für technische Zwecke wenigstens kein Aetzbaryt zu erhalten ist. Nach Jacquelain wird aber die Zersetzung sehr erleichtert, wenn man ein Gemenge von kohlensaurem Baryt und kohlensaurem Kalk anwendet und während man dasselbe im Glühen erhält, Wasserdampf darüber leitet. Je nach der Temperatur werden dabei zwischen 40 und 90 Proc. des kohlensauren Baryts zersetzt.

Baryumoxydhydrat, Barythydrat, BaO.HO. Der wasserfreie Aetzbaryt absorbirt mit großer Begierde Wasserdampf aus der Luft. In Berührung mit wenig Wasser verbindet er sich damit unter Freiwerden von vieler Wärme. In siedendem Wasser ist er leicht löslich und scheidet dann beim Erkalten Krystalle von Barythydrat ab, die außer dem Hydratwasser noch Krystallwasser enthalten. Nach Untersuchungen von Rose und Noad kommen auf 1 Aeq. Barythydrat 9 Aeq. Krystallwasser; nach Filhol nur 7 Aeq.; nach Bloxam 8 Aeq. Um reines Hydrat zu erhalten, braucht man nur den wasserfreien Aetzbaryt in siedendem Wasser zu lösen und die filtrirte Flüssigkeit erkalten zu lassen. Handelt es sich um die Darstellung von chemisch reinem Barythydrat, wie man es z. B. bei der quantitativen Analyse häufig gebraucht, so ist die Darstellung des Hydrats durch Glühen des salpetersauren Baryts nach Mohr's Methode jedenfalls am zweckmäßigsten, da man es dadurch am sichersten und leichtesten rein erhält.

Glüht man schwefelsauren Baryt mit Kohle, so bildet sich einfach Schwefelbaryum. Kocht man dieses mit Wasser aus, so spaltet es sich in Barythydrat und Schwefelwasserstoff-Schwefelbaryum:

$$\underbrace{2\,BaS}_{\text{Schwefelbaryum.}} + \underbrace{2\,HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{BaO.HO}_{\text{Barythydrat.}} + \underbrace{BaS.HS}_{\text{Schwefelbaryum-Schwefelwasserstoff.}}$$

Zu der heiß filtrirten Lösung fügt man Kupferoxyd oder Zinkoxyd und kocht damit. Der Schwefel vereinigt sich dann mit dem Kupfer oder Zink, während der Sauerstoff der Oxyde den Platz des Schwefels einnimmt:

$$\underbrace{BaS.HS}_{\text{Schwefelbaryum-Schwefelwasserstoff.}} + \underbrace{2\,CuO}_{\text{Kupferoxyd.}} = \underbrace{BaO.HO}_{\text{Barythydrat.}} + \underbrace{2\,CuS}_{\text{Schwefelkupfer.}}$$

Statt des reinen Kupferoxyds kann man dabei Kupferasche oder Kupferhammerschlag anwenden. Man trägt davon nach und nach so viel in die kochende Flüssigkeit, bis eine kleine filtrirte Probe davon Bleizuckerlösung nicht mehr schwarz, sondern rein weiß fällt, ein Beweis, daß kein Schwefel mehr in Lösung ist. Wendet man zu viel Kupferoxyd an, so löst sich dieses in dem Aetzbaryt und ertheilt der Flüssigkeit eine blaue Farbe. In diesem Falle fügt man vorsichtig so viel der Schwefelbaryumlösung zu, bis alles Kupfer ausgefällt ist.

Die Zersetzung des Schwefelbaryums durch Zinkoxyd wurde zuerst von Kuczinsky 1855 empfohlen und ist neuerdings 1861 wieder von Alex. Müller angeregt worden. Sie hat jedenfalls den Nachtheil, daß das überschüssige Zinkoxyd sich ebenfalls im Barythydrat löst, ohne sich aber durch die charakteristische blaue Farbe der Lösung zu verrathen, so daß man den Endpunkt der Zersetzung nicht so leicht wahrnehmen kann, sondern unab-

lässig nach jedem Zusatz mit Bleizuckerlösung auf Schwefelbaryum prüfen muß.

Von den unlöslichen Schwefelmetallen filtrirt man die siedend heiße Flüssigkeit rasch ab und läßt sie, möglichst vor dem Zutritt der Luft geschützt, krystallisiren. Bei der Darstellung im kleineren Maßstabe filtrirt man am besten in eine geräumige Kochflasche und verschließt diese sofort mit einem Kork, um zu verhindern, daß die Lösung Kohlensäure aus der Luft anziehe, welche die Krystalle mit einem weißen Ueberzuge von kohlensaurem Baryt bedecken würde.

Das Schwefelkupfer und Schwefelzink können durch Rösten bei Luftzutritt in Metalloxyd verwandelt und so wiederholt benutzt werden.

Chlorbaryum und salpetersaurer Baryt zersetzen sich beim Erwärmen mit Natronlösung in Barythydrat und Chlornatrium oder salpetersaures Natron; letztere Salze sind durch Krystallisation von dem in kaltem Wasser schwer löslichen Barythydrat zu trennen. Nach **Mohr** nimmt man Aetznatronlauge von 1,1 spec. Gew., ermittelt deren Gehalt an Alkali und wägt dann auf je 1 Aeq. Natron 1 Aeq. salpetersauren Baryt ab. Die Natronlösung wird zum Sieden erhitzt und der salpetersaure Baryt nach und nach zugegeben. Sobald Alles gelöst ist, filtrirt man durch ein faltiges Filter und läßt krystallisiren. Die Krystalle werden mit kaltem Wasser gewaschen, in siedendem gelöst und dann krystallisirt. Das Barythydrat hält dabei jedoch die letzten Spuren von Alkali mit großer Hartnäckigkeit zurück, so daß es schwer hält oder fast unmöglich ist, auf diese Weise ein Präparat zu erhalten, welches man bei der quantitativen Analyse zur Bestimmung der Alkalien gebrauchen kann.

Das krystallisirte Barythydrat bildet meist vierseitige Tafeln oder vier- oder sechsseitige mit vier Flächen zugespitzte Säulen. Es löst sich in 2 Th. siedendem Wasser, die kaltgesättigte Lösung, **Barytwasser**, enthält nach **Bineau** auf 29 Th. Wasser 1 Th. Baryt. Die Lösung schmeckt stark ätzend, reagirt alkalisch und zieht mit Begierde Kohlensäure aus der Luft an; wie alle löslichen Verbindungen des Baryts wirkt auch diese giftig. Im luftleeren Raume über Schwefelsäure getrocknet, verlieren die Krystalle nach **Bloxam** 7 Aeq. Wasser, bei Rothgluth entweicht noch 1 Aeq. und es bleibt dann reines Barythydrat zurück. Beim Erhitzen auf 100° schmelzen die Krystalle und verlieren dabei 2 Aeq. Wasser, bei stärkerem Erhitzen entweicht das übrige Wasser, bis bei Rothgluth reines Hydrat erhalten wird. Das Hydrat giebt kaum bei Weißgluth Wasser ab.

Baryumsuperoxyd, Baryumhyperoxyd, BaO_2. Wasserfreies Barythydrat oder Baryt in der Porzellanröhre zum mäßigen Glühen erhitzt, absorbirt Sauerstoff, wenn man Luft darüber leitet, und verwandelt sich in Baryumsuperoxyd. Bei stärkerem Glühen giebt dieses den aufgenommenen Sauerstoff wieder ab. **Boussingault** (Compt. rend. 32, 261. 821) benutzt dieses zur Darstellung von reinem Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft. Der Baryt wird in einer Porzellanröhre geglüht; das eine Ende dieser Röhre ist durch ein Glasrohr mit einer Kalilösung enthaltenden Flasche verbunden, durch welche die Luft streichen muß und so ihre Kohlensäure abgiebt, sich aber mit Wasserdampf sättigt; auf der anderen Seite ist das Porzellanrohr mit einem Aspirator verbunden. Hat sich eine genügende Menge Superoxyd gebildet, so sperrt man die Verbindung mit der Kaliflasche ab, verbindet das andere Ende statt mit dem Aspirator mit einem Gashalter und erhitzt dann zum sehr starken Glühen. Wird dabei kein Sauerstoff mehr entwickelt, so stellt man die erste Einrichtung wieder her, erzeugt von Neuem Baryumsuperoxyd und kann so mit einer verhältnißmäßig geringen Menge Baryt sehr große Quantitäten von reinem Sauerstoff gewinnen. Die Absorption des Sauerstoffs wird durch Anwesenheit einer geringen Menge von Feuchtigkeit in der Luft außerordentlich begünstigt; aus diesem Grunde darf man die Luft, nachdem sie durch die Kalilösung gegangen ist, nicht austrocknen. Noch mehr wird die Absorption des Sauerstoffs durch Anwesenheit eines porösen Körpers befördert; **Boussingault** mischt deshalb den gepulverten Baryt mit Kalkhydrat oder Magnesia.

Das Baryumsuperoxyd ist ein graues Pulver, welches sich mit Wasser zu Baryumsuperoxydhydrat $BaO_2 . 6\,HO$ verbindet. Als solches erhält man es nach **Brodie** chemisch rein, indem man das rohe Superoxyd in verdünnter Salzsäure löst und die Flüssigkeit, welche Chlorbaryum und Wasserstoffsuperoxyd enthält, mit Barytwasser mischt, wobei das Superoxydhydrat gefällt wird und dann durch Wasser gewaschen werden kann.

Das Hydrat ist in kaltem Wasser sehr schwer löslich, mit siedendem zersetzt es sich in Barythydrat und entweichenden Sauerstoff. Das Superoxyd wirkt sowohl in trocknem Zustande beim Erhitzen mit anderen Körpern, wie auf nassem Wege als äußerst kräftiges Oxydationsmittel und kann als solches benutzt werden. Seine Lösung in verdünnter Salzsäure enthält, wie erwähnt, Wasserstoffsuperoxyd, welches ebenfalls seinen Sauerstoff leicht abgiebt und möglicherweise aus diesem Grunde in der Technik Verwendung finden könnte. Bringt man in die saure Lösung fein vertheiltes Platin, Braunstein, Bleisuperoxyd, Silbersalze, so wird plötzlich der Sauerstoff abgeschieden unter Bildung eines Barytsalzes. Bei Anwendung von Braunstein, Bleisuperoxyd oder Silbersalzen wird aber nicht allein der Sauerstoff des Baryumsuperoxyds, sondern auch der des Mangan- und Bleisuperoxyds und Silberoxyds in Freiheit gesetzt, während sich neben dem Chlorbaryum Manganchlorür, Chlorblei oder metallisches Silber bildet. Nach **Geuther** wird dabei auf je 1 Aeq. Baryumsuperoxyd der Sauerstoff aus 1 Aeq. Mangansuperoxyd frei. Bei Gegenwart von concentrirter Schwefelsäure vermag das Wasserstoffsuperoxyd nicht zu bestehen, zersetzt man daher Baryumsuperoxyd mit concentrirter Schwefelsäure, so wird Sauerstoff frei und zwar, bei geringem Erwärmen, jedoch nicht über 60° C., als Ozon.

Barytsalze. Der Baryt ist eine sehr starke Base, er verbindet sich wohl mit allen Säuren und bildet damit Salze. In diesen Salzen ist Baryum äquivalent mit 1 At. Wasserstoff, es wird daher je nach der Basicität der Säuren in den Salzen 1 At. Wasserstoff durch Baryum vertreten. Die Salze sind theils im Wasser löslich und krystallisiren leicht, zum Theil in Wasser unlöslich. Von letzteren lösen sich die meisten in ver-

dünnten Säuren; von allen ist wohl nur der schwefelsaure Baryt absolut unlöslich. Sowohl Chlorbaryum, als auch salpetersaurer Baryt sind in concentrirter Salzsäure oder Salpetersäure unlöslich, diese Säuren werden daher im concentrirten Zustande auch keines der übrigen in verdünnten Säuren löslichen Salze lösen.

Die gelösten Salze färben die Alkoholflamme schön grün und im Spectralapparate zeigen alle Baryumverbindungen zwei charakteristische grüne Linien. Neutrale Lösungen der Barytsalze zeigen gegen Reagentien folgendes Verhalten:

Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium } keine Fällung.

Kohlensaures Natron. Weißer Niederschlag von kohlensaurem Baryt, in Salzsäure leicht löslich.

Phosphorsaures Natron. Weißer Niederschlag von phosphorsaurem Baryt, in Salzsäure leicht löslich.

Kali und Ammoniak. Nur in concentrirter Lösung krystallinischer Niederschlag von Barythydrat, in mehr Wasser löslich.

Oxalsaures Ammoniak. Weißer Niederschlag von oxalsaurem Baryt, in Salzsäure leicht löslich, auch löslich in sehr viel Wasser.

Kieselfluorwasserstoffsäure. Weißer krystallinischer Niederschlag von Kieselfluorbaryum; in Wasser und verdünnter Säure kaum löslich, absolut unlöslich in Alkohol.

Schwefelsäure und schwefelsaure Salze. Weißer Niederschlag von schwefelsaurem Baryt, in allen Säuren unlöslich; nur spurenweis löslich in Königswasser.

Chromsaures Kali. Gelber unlöslicher Niederschlag von chromsaurem Baryt.

Chlorbaryum, Ba Cl, krystallisirt Ba Cl . 2 HO. Die einfachste Methode zur Darstellung dieses Salzes ist die Behandlung des natürlich vorkommenden kohlensauren Baryts mit Salzsäure. Der Witherit, welcher gegenwärtig im Norden Englands in großen Mengen gewonnen und von dort zur Darstellung der verschiedenen Barytsalze versandt wird, wird gröblich zerkleinert und dann so lange in rohe, mit ihrem gleichen Gewicht Wasser verdünnte Salzsäure eingetragen, bis diese vollkommen neutralisirt ist und also blaues Lackmuspapier nicht mehr roth gefärbt wird. Die Flüssigkeit bleibt dann mit einem Ueberschuß des kohlensauren Baryts etwa 24 Stunden stehen, wodurch alles Eisen, welches im Witherit und der Salzsäure enthalten war, als Oxydhydrat gefällt wird. Die dann wasserhelle Flüssigkeit wird vom Ungelösten mittelst eines Hebers abgezogen, zur Krystallisation verdampft und siedend heiß durch Spitzbeutel filtrirt. Beim Erkalten scheidet sich das Chlorbaryum in schönen wasserhellen, vierseitigen Tafeln aus. Die Krystalle werden von der Mutterlauge getrennt, mit kaltem Wasser gewaschen und getrocknet. Die Mutterlauge liefert bei weiterem Verdampfen neue Krystallisationen.

Nach Kuhlmann gewinnt man es auf ähnliche Weise, indem man die bei der Glaubersalzfabrikation in großer Menge auftretenden Salzsäuredämpfe, nachdem der größte Theil davon durch Wasser condensirt ist, durch große mit feuchtem Witherit gefüllte Behälter strömen läßt. Der Rest der sonst zum Schaden der Umgegend in den Schornstein entweichenden Salzsäuredämpfe wird dort von dem Baryt gebunden, so daß die Kosten des Rohmaterials bedeutend verringert werden und zugleich der Vortheil erreicht wird, daß die Säuredämpfe auf eine nutzenbringende Weise beseitigt werden.

Nicht ganz so einfach ist die Darstellung des Chlorbaryums aus dem Schwerspath, welcher früher, als der Witherit noch nicht in größeren Mengen in den Handel kam, das einzige Rohmaterial zur Darstellung der Barytsalze war. Es giebt zwei verschiedene Methoden, um den unlöslichen schwefelsauren Baryt aufzuschließen:

1) Durch Glühen mit Kohle oder organischen Substanzen, wobei der schwefelsaure Baryt in Schwefelbaryum verwandelt wird:

$$\underbrace{BaO.SO_3}_{\text{Schwefelsaurer Baryt.}} + \underbrace{4C}_{\text{Kohle.}} = \underbrace{BaS}_{\text{Schwefelbaryum.}} + \underbrace{4CO}_{\text{Kohlenoxyd.}}$$

2) Durch Schmelzen mit einem anderen Chlorid, welches sich mit dem entstehenden Schwefelbaryum zersetzt, indem dessen Metall mit dem Schwefel ein unlösliches Schwefelmetall bildet, während Chlorbaryum gebildet wird:

$$\underbrace{BaO.SO_3}_{\text{Schwefelsaurer Baryt.}} + \underbrace{MnCl}_{\text{Manganchlorür.}} + \underbrace{4C}_{\text{Kohle.}}$$
$$= \underbrace{BaCl}_{\text{Chlorbaryum.}} + \underbrace{MnS}_{\text{Schwefelmangan.}} + \underbrace{4CO}_{\text{Kohlenoxyd.}}$$

Die Verwandlung des schwefelsauren Baryts in Schwefelbaryum durch Kohle kann nur dann vollständig geschehen, wenn der schwefelsaure Baryt in höchst feiner Vertheilung und in höchst inniger Berührung mit der reducirenden Kohle ist. Man bedient sich deshalb für diese Operationen des Schwerspaths, welcher in feingemahlener und geschlämmter Form als weiße Anstrichfarbe in den Handel kommt. Um nun die Berührung mit der Kohle höchst innig zu machen, fügt man zu dem Gemenge noch irgend einen organischen Körper, welcher beim Erhitzen höchst fein zertheilte Kohle zurückläßt. Man hat zu diesem Zweck Leinöl, Stärkekleister, Mehl u. a. vorgeschlagen. Am besten eignen sich jedoch dazu Leinölkuchen, welche mit lauwarmem Wasser zu einem dünnen Brei angeknetet werden und nun in solchem Verhältniß zu einem Gemenge von 4 Th. Schwerspath und 1 Th. Kohlenpulver (entweder Holzkohlen oder bituminöse Steinkohlen) gefügt werden, daß beim Kneten eine plastische Masse entsteht. Diese Masse läßt man von Arbeitern mit den Füßen kräftig bearbeiten, bis sie vollständig homogen geworden ist, und formt dann kleine Cylinder von 1 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Länge daraus, die scharf getrocknet werden.

Das Glühen wird auf verschiedene Weise vorgenommen, je nachdem man mit größeren oder kleineren Mengen Material arbeitet. Bei keinem Präparate wie bei diesem ist jedoch wohl das Arbeiten in großem Maßstabe geboten, da man, wenn das Glühen im Tiegel und Windofen ausgeführt werden muß, um höchstens ein paar Pfund Chlorbaryum darzustellen, entschieden allein mehr Kohlen verbrennt, als das fertige Präparat werth ist. Sehr zweckmäßig ist das Verfahren von Liebig, nach welchem man die Cylinder in einem Windofen mit Kohlen

schichtet, die Kohlen langsam entzündet und bei heller Rothgluth abbrennen läßt. Die unterste Kohlenschicht muß ½ bis 1 Fuß hoch sein, man wirft glühende Kohlen oben auf, bedeckt den Ofen, wenn Alles in heller Gluth ist, dicht mit Asche und Backsteinen, verschließt die Züge und läßt sehr langsam erkalten.

Mit dem geringsten Aufwand von Brennmaterial kann man die Reduction vornehmen, wenn man die Cylinder in einen Töpferofen einsetzen kann. Man bringt sie dann in irgend ein unbrauchbares oder rohes Hohlgefäß und läßt sie während des Brandes im Ofen.

Für fabrikmäßige Bereitung bedient man sich, wenn man keinen Töpferofen zur Verfügung hat, eines kleinen Schachtofens, welcher von unten bis oben mit abwechselnden Lagen von Kohlen und Cylindern gefüllt wird. Etwa vier Stunden nachdem der Ofen unten zur Rothgluth gekommen ist, zieht man die untere Schicht heraus, läßt die oberen nachsinken, giebt aber frische Lagen von Kohlen und Cylindern auf und so fort, bis der ganze Vorrath reducirt ist.

Das so erhaltene Schwefelbaryum ist eine graubraune, lockere Masse. Nach dem Erkalten bringt man es in einen zur Hälfte mit Wasser gefüllten Bottich, erwärmt durch einströmenden Dampf bis nahe zum Sieden und giebt vorsichtig nach und nach rohe Salzsäure zu, bis eine ganz schwach saure Reaction eintritt. Alles Schwefelbaryum wird dabei unter stürmischer Entwicklung von Schwefelwasserstoff zersetzt und es bildet sich Chlorbaryum. Vor dem Einathmen des Schwefelwasserstoffs hat man sich auf die S. 632 angegebene Weise zu schützen. Die schwach saure Flüssigkeit enthält neben Chlorbaryum alles Eisen der rohen Salzsäure und auch wohl Spuren von anderen Metallen, Kupfer, Blei, welche im Schwerspath enthalten waren. Um diese zu entfernen, giebt man dann sehr vorsichtig kleine Mengen von Schwefelbaryum zu, bis gerade eine ganz schwach alkalische Reaction eingetreten ist, und fällt dadurch alle Metalle als Schwefelmetalle.

Nach beendigter Zersetzung sperrt man den Dampf ab, läßt klar absetzen, zieht die Flüssigkeit mit einem Heber ab, verdampft zur Krystallisation, filtrirt und läßt erkalten. Die Mutterlauge wird weiter verdampft, alle Krystalle werden mit kaltem Wasser gewaschen und dann nochmals umkrystallisirt. Die geringe Menge von Schwefelbaryum, welche in der ursprünglichen Lösung enthalten war, geht dabei in die letzten Mutterlaugen, die ohnehin wegen ihres Gehalts an Chlorcalcium und Chlorstrontium beseitigt werden müssen. Die Metalle der letzten beiden Chloride stammen aus dem Schwerspath, welcher stets neben schwefelsaurem Baryt geringe Mengen von schwefelsaurem Kalk und schwefelsaurem Strontian enthält.

Will man die zweite Krystallisation vermeiden, wie es beim Arbeiten im kleinen Maßstabe wünschenswerth ist, so verdampft man die alkalische Flüssigkeit zur Trockne, wobei das Schwefelbaryum so viel Kohlensäure aus der Luft aufnimmt, daß es unter Abscheidung von Schwefel und Schwefelwasserstoff als kohlensaurer Baryt gefällt wird. Die trockne Masse wird dann in Wasser gelöst und krystallisirt.

Zur Zersetzung des schwefelsauren Baryts durch die Kohle ist weniger eine sehr intensive als eine längere Zeit anhaltende Gluth erforderlich und dennoch bleibt leicht ein Theil des Schwerspaths unzersetzt, der bei der Behandlung mit Salzsäure ungelöst zurückbleibt. Leichter gelingt die Aufschließung, wenn man die bei 2) erwähnte Methode anwendet, weil dabei die Substanz geschmolzen wird und so die auf einander reagirenden Moleküle sich weit mehr genähert werden. Beim Fabrikbetriebe ist diese Methode jedenfalls der anderen vorzuziehen, um so mehr, als die Schmelzung im Flammofen geschehen kann, welcher entschieden die vollständigste Ausnutzung der Hitze zuläßt.

Die älteste Vorschrift zu diesem Verfahren ist die von Duflos. Man schmilzt 4 Th. Schwerspath, 1 Th. Kohle und 2 Th. wasserfreies Chlorcalcium unter häufigem Umrühren so lange im Flammofen, als aus der teigigen Masse noch kleine Flämmchen von Kohlenoxydgas hervorbrechen. Die geschmolzene Masse wird aus dem Ofen gezogen und nach dem Erkalten mit Wasser ausgekocht, wobei Chlorbaryum gelöst wird und unlösliches Einfach-Schwefelcalcium zurückbleibt. Bei Glühhitze zersetzen sich Chlorcalcium und schwefelsaurer Baryt in Chlorbaryum und schwefelsauren Kalk. Diese Reaction wurde ursprünglich von v. Drießen angewandt, um das Chlorbaryum darzustellen. Bringt man aber die geschmolzene Masse mit Wasser zusammen, so reagirt das Chlorbaryum wieder auf den schwefelsauren Kalk, so daß man, wenn man nicht Sorge trägt, sofort nach der Lösung des Chlorbaryums zu filtriren, immer wieder von Neuem schwefelsauren Baryt und Chlorcalcium erzeugt. Läßt man lange genug mit dem Wasser in Berührung, so kann alles Chlorbaryum wieder in schwefelsauren Baryt übergeführt werden. Diese Rückzersetzung wird durch die Methode von Duflos vermieden, indem durch die Kohle der schwefelsaure Kalk in Schwefelcalcium verwandelt wird, welches nicht mehr durch Chlorbaryum zersetzt wird.

Das Einfach-Schwefelcalcium wird allerdings durch anhaltende Digestion mit Wasser zum Theil in Schwefelwasserstoff-Schwefelcalcium und Kalk zersetzt, so daß man etwas Schwefelwasserstoff-Schwefelcalcium in Lösung bekommt. Die Menge desselben ist jedoch so gering, daß sie nicht beachtet zu werden braucht und leicht in die letzte Mutterlauge geht. Diese Methode giebt sehr gute Resultate.

Ein anderes Verfahren wird von Kuhlmann in seinen Fabriken angewandt. Es gründet sich auf die Zersetzbarkeit des Manganchlorürs und Eisenchlorids durch Schwefelbaryum und auf die erleichterte Reduction des schwefelsauren Baryts durch Kohle in der schmelzenden Masse. Eisenhaltige Lösungen von Manganchlorür werden in großer Masse bei der Fabrikation des Chlorkalks als bisher ganz werthloses Nebenproduct gewonnen und diese werden gegenwärtig zur Fabrikation des Chlorbaryums verwandt.

Die Operation wird in großen Flammöfen, deren Heerd wie bei den zur Zersetzung des Kochsalzes bei der Glaubersalzfabrikation dienenden Oefen, aus zwei, durch eine niedrige Brücke von einander getrennten Abtheilungen besteht, ausgeführt. Nachdem ein solcher Ofen eine Zeitlang erhitzt worden ist, bringt man in die hintere Abtheilung desselben ein fein zertheiltes Gemenge von

Schwerspath und Steinkohle, läßt eine angemessene Portion des Rückstandes von der Chlorentwicklung, in welchem man vorher die freie Säure durch etwas Kreide oder besser kohlensauren Baryt gesättigt hat, dazu fließen und vermischt denselben durch Umrühren gut mit der pulvrigen Masse. Durch Einwirkung der Wärme wird dieses Gemenge alsbald mehr und mehr von Wasser befreit und dadurch verdickt, was man so weit fortgehen läßt, daß es die Beschaffenheit eines dicken Teiges annimmt. Wenn dies erreicht ist, schafft man es mittelst geeigneter eiserner Werkzeuge über die Brücke hin in die vordere, d. h. die der Feuerung zunächst liegende Abtheilung des Ofens. Hier bläht die Masse sich auf und läßt alsbald Flämmchen von Kohlenoxyd erscheinen, die wegen der Gegenwart von Baryt eine grünliche Farbe haben. Nachdem sie eine Stunde lang der Rothglühhitze ausgesetzt gewesen ist, nimmt man sie als halbflüssigen Teig (etwas consistenter als die Sodaschmelze) aus dem Ofen heraus und läßt sie erkalten, worauf sie eine schwarze Masse bildet, die aus Chlorbaryum, ein wenig unterschwefligsaurem Baryt, Schwefelmangan und Schwefeleisen besteht. Wenn man diese Masse, das rohe Chlorbaryum, einige Tage an der Luft liegen läßt, wird sie lockerer, indem der unterschwefligsaure Baryt in schwefelsauren Baryt übergeht. Dann wird die Masse mit heißem Wasser ausgelaugt, wozu man dieselben Apparate verwendet, wie zum Auslaugen der Soda. Das Product dieser Auslaugung besteht in einer vollkommen klaren Lösung von fast reinem Chlorbaryum. Wenn aber Schwefelbaryum darin ist, welches der Flüssigkeit eine gelbe Farbe ertheilt, so fügt man eine Lösung von Manganchlorür (Rückstand von der Chlorentwicklung, aus welchem man durch Digeriren mit gepulvertem Witherit alles Eisen niedergeschlagen hat) hinzu, bis die Flüssigkeit entfärbt ist. Wenn umgekehrt etwas Manganchlorür in Lösung ist, so wird dasselbe durch Zusatz von Schwefelbaryum abgeschieden. Man gelangt auf diese Art ohne Schwierigkeit dahin, ein sehr reines Chlorbaryum zu erhalten. (Kuhlmann über Chlorbaryum, Bullet. d'encouragement Juillet 1856, 395; Polyt. Journ. 142, 156; Wagner's Jahresbericht 1856, 73; 1857, 96; Compt. rend. 47, 403. 474; Polyt. Journ. 150, 61. 109; Wagner's Jahresbericht 1858, 199.)

Statt des Chlorcalciums oder des Manganchlorürs wendet Kuczinsky Chlornatrium an, um den schwefelsauren Baryt durch Kohle zu reduciren. Das Chlornatrium wirkt dabei nur als Flußmittel und man erhält in der Schmelze Schwefelbaryum und unzersetztes Kochsalz. Das Schwefelbaryum wird entweder, wie oben angegeben, durch Kupferoxyd oder Zinkoxyd in Aetzbaryt oder durch Einleiten von Kohlensäure in kohlensauren Baryt verwandelt. Auf Chlorbaryum ist die Schmelze nicht zu verarbeiten, weil das Chlorbaryum nicht vom Kochsalz durch Krystallisation zu trennen sein würde. (Repert. Pat. Inv. Febr. 1855, 151; Polyt. Journ. 135, 455; Wagner's Jahresber. 1855, 109.)

Schwefelsaurer Baryt, $BaO \, . \, SO_3$ oder $\left. \begin{matrix} S_2O_4 \\ Ba_2 \end{matrix} \right\} O_4$, kommt in der Natur verbreitet vor und wird als Mineralspecies Baryt, Schwerspath, Barytstein, Barytin u. s. w. genannt. Der schwefelsaure Baryt findet sich krystallisirt, meistens auf Gängen in verschiedenen Gebirgsformationen. Er krystallisirt in den mannigfachsten Combinationen des rhombischen Systems; die Krystalle sind entweder tafelartig oder säulenartig. Schön ausgebildet sind namentlich die von Freiberg, Marienberg, Clausthal, Przibram, Kapnik ꝛc. Sein specifisches Gewicht ist 4,3 bis 4,7; Härte 3 bis 3,5.

Der Schwerspath wird auf eigenen Mühlen gemahlen und mit Wasser geschlämmt, in großen Massen in den Handel gebracht, um theils für sich als weiße Farbe, theils als Zusatz zu geringen Bleiweißsorten zu dienen. Der geschlämmte Schwerspath war, wie oben erwähnt, bis zur Ausbeutung der englischen Witheritlager das einzige Rohmaterial zur Darstellung der Barytsalze.

Künstlich erhält man den schwefelsauren Baryt durch Zersetzung des Chlorbaryums durch Schwefelsäure oder irgend eines schwefelsauren Salzes, selbst Lösungen von Gips fällen die Barytsalze vollständig. Findet die Zersetzung in der Kälte und in concentrirten Lösungen Statt, so erhält man einen unendlich fein vertheilten, weißen, ganz amorphen Niederschlag; fällt man aber verdünnte, siedend heiße und schwach saure Lösungen, so nimmt der Niederschlag eine ganz andere Form an, er besteht dann offenbar aus weit größeren Molekülen, ist schwer und setzt sich aus der heißen Flüssigkeit fast momentan ab, während der amorphe Niederschlag lange in der Flüssigkeit vertheilt bleibt und sich kaum filtriren läßt, sondern selbst durch das feinste Papier milchig durchläuft.

Je nach dem Zwecke, welchen man bei der Darstellung des schwefelsauren Baryts verfolgt, wird man daher die eine oder die andere Methode der Fällung anwenden. Will man den schwefelsauren Baryt als Farbe verwenden, so muß er amorph sein, weil er nur in diesem Zustande hohe Deckkraft hat, und also kalt gefällt werden; bei allen analytischen Operationen, sei es, daß es sich um die Bestimmung von Baryt mit Schwefelsäure oder von Schwefelsäure mit Baryt handelt, wird man aber kochend heiß fällen; der Niederschlag ist dann so dicht, daß man unmittelbar nach der Präcipitation die Flüssigkeit auf das Filter gießen kann, ohne ein Durchlaufen des Niederschlages befürchten zu brauchen.

Der künstlich dargestellte schwefelsaure Baryt hat in neuerer Zeit große technische Wichtigkeit erlangt, da man in ihm eine der vorzüglichsten weißen Farben erkannt hat, die selbst in manchen Eigenschaften sogar das beste Bleiweiß übertrifft. Diese Farbe führt den Namen Permanentweiß oder Blanc fix und wird als steifer Teig mit 30 bis 32 Proc. Wasser in den Handel gebracht.

Der Fabrikation des Permanentweiß geht immer die des Chlorbaryums vorauf. Die nach einer der oben beschriebenen Methoden dargestellte Lösung des Chlorbaryums wird auf eine Concentration von 24° B. gebracht und so lange unter Umrühren mit Schwefelsäure von 30° B. versetzt, als noch ein Niederschlag entsteht. Nach beendigter Zersetzung läßt man absetzen, zieht die klare Flüssigkeit, welche Salzsäure von 6° B. ist, ab und wäscht den weißen Niederschlag so lange mit kaltem Wasser, bis dieses keine Spur von Säure mehr aufnimmt. Die dünnbreiige Masse bringt man auf leinene Filter, auf welchen sie so viel Wasser abgiebt, daß ein steifer Teig zurückbleibt, der in Stücke zerschnitten und feucht verpackt wird. Die

Entwässerung erreicht man rascher und leichter durch Anwendung von Centrifugalmaschinen, deren man sich beim großen Betriebe zweckmäßig bedient. Man könnte den Teig leicht vollständig austrocknen, er verliert aber dadurch eine seiner schätzenswerthesten Eigenschaften, nämlich sich leicht mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu einer gleichartigen Flüssigkeit anmachen zu lassen, und hat dann nicht mehr dieselbe hohe Deckkraft, wie im feuchten Zustande.

Stellt man das Chlorbaryum aus Witherit mittelst Salzsäure dar, so erhält man stets ein gleichförmig gutes Permanentweiß; gewinnt man das Chlorbaryum aber durch Zersetzung des Schwefelbaryums mit Salzsäure, so findet sich leicht in der weißen Farbe feinvertheilter Schwefel, dessen Menge $\frac{1}{4}$ bis 1 Proc. betragen kann. Dieser oxydirt sich allmälig an der Luft zu Schwefelsäure, die dann die mit dem Permanentweiß vermischten Farben &c. zerstören kann. Die Abscheidung des Schwefels rührt daher, daß im Schwefelbaryum leicht Mehrfach-Schwefelbaryum und auch wohl unterschwefligsaurer Baryt enthalten sein kann. Beide werden durch Säure unter Abscheidung von Schwefel zersetzt. Um diese schadlos zu machen, sollte man daher stets, wie oben angegeben ist, das Schwefelbaryum während der Zersetzung mit Salzsäure durch einströmenden Dampf zum Sieden erhitzen, einen Ueberschuß von Salzsäure anwenden und damit so lange im Kochen erhalten, bis jede Spur eines Geruchs von Schwefelwasserstoff verschwunden ist. Die saure heiße Lösung enthält dann ein Chlorbaryum, welches absolut frei von allen Schwefelverbindungen ist. Selbstverständlich läßt man die Flüssigkeit erkalten, ehe man sie mit Schwefelsäure zersetzt.

Nach einem Vorschlage von Wagner soll man das Permanentweiß als Nebenproduct erhalten, indem man eine klare Lösung des Schwefelbaryums in der Stearinsäurefabrikation zum Verseifen des Talgs oder des Palmöls verwendet. Das Schwefelbaryum zerfällt bei der Behandlung mit Wasser in Barythydrat und Schwefelwasserstoff-Schwefelbaryum. Die Verseifung des Fettes geschieht mit dieser Lösung weit rascher als mit Kalk. Wegen des sich dabei reichlich entwickelnden Schwefelwasserstoffes muß die Verseifung in geschlossenen Kesseln oder Bottichen vorgenommen werden. Das Schwefelwasserstoffgas wird zweckmäßig verbrannt und die sich durch die Verbrennung bildende schweflige Säure zur Darstellung von schwefligsaurem Natron (Antichlor) benutzt. Die Schwefelbaryumlösung muß in frisch bereitetem Zustande angewandt werden, sonst enthält sie Mehrfach-Schwefelbaryum, welches zur Bildung von geschwefelten Derivaten der Palmitinsäure Veranlassung geben könnte. Eine derartige Verunreinigung der Fettsäuren würde sie zur Kerzenfabrikation untauglich machen, da beim Verbrennen derselben schweflige Säure sich entwickelt. Der durch die Verseifung erhaltene fettsaure Baryt wird durch Salzsäure zersetzt und aus der dabei erhaltenen Chlorbaryumlösung der schwefelsaure Baryt wie gewöhnlich gefällt.

Nach Pelouze kann man das Permanentweiß direct aus dem Witherit darstellen, indem man denselben mit Schwefelsäure behandelt, der nur 2 Proc. ihres Gewichts Salzsäure zugesetzt sind.

Die Schwefelsäure für sich zersetzt den dichten Witherit nicht oder nur ganz oberflächlich; sobald sie aber eine geringe Menge von Salzsäure enthält, bildet diese Chlorbaryum, welches sofort von der Schwefelsäure zersetzt wird; die wieder freiwerdende Salzsäure wirkt von Neuem auf den Witherit und so fort, bis entweder aller kohlensaure Baryt gelöst ist oder alle Schwefelsäure in schwefelsauren Baryt verwandelt ist. Man wird jedoch auf diese Weise nie ein ganz reines Weiß erhalten, da der Witherit immer eine geringe Menge schwarzen Bleiglanz eingesprengt enthält, der sich der weißen Farbe beimischt, wenn nicht eine vollständige Lösung und Klärung der Flüssigkeit der Fällung vorangeht.

Das Permanentweiß ist als Farbe der mannigfachsten Verwendungen fähig; wenngleich sein Gebrauch noch weit mehr ausgedehnt werden könnte, so wird doch schon zum Zweck der Tapeten-, Buntpapier-, Kartenpapierfabrikation gegenwärtig eine bedeutende Quantität davon dargestellt. Das blendende Schneeweiß des Blanc fix ist durch kein anderes Material zu ersetzen; es ist indifferent gegen jede Einwirkung der Luft, Sonne und Temperatur, wird nicht gedunkelt durch den Einfluß des Schwefelwasserstoffs oder anderer Gase, und hat in mehreren Schichten dünn mit Leimauflösung aufgetragen eine Deckkraft, welche der des reinsten Kremserweiß am nächsten steht. Bei über 50 Proc. niedrigeren Herstellungskosten und bei dem geringeren specifischen Gewichte ist bei Anwendung desselben der Preis kaum ein Drittel gegen den des Bleiweiß. Den Tapetenfabrikanten bietet dieses Weiß den entschiedenen Vortheil, daß es sowohl mit als ohne Glanzpräparat oder Talk durch die Bürste einen sonst unerreichbaren Satinglanz annimmt, welcher der Feuchtigkeit widersteht. Blendend weiße Satintapeten, welche gegenwärtig zu ungemein billigen Preisen in den Handel kommen, sind mit dieser Farbe gestrichen. Zu Farbenmischungen endlich ist es eben so sehr durch Neutralität wie Unzersetzbarkeit geeignet, als durch seine besondere Eigenschaft, die Primitivfarbentöne durchaus unvermindert zu lassen. Mit lebhaft rothem Lack versetzt, giebt es das schönste Rosa, mit Berlinerblau das lebhafteste Hellblau. Mit Wasserglas angerieben, erhärtet das Permanentweiß nach kurzer Zeit und kann daher nicht allein direct zur Wasserglasmalerei gebraucht werden, sondern auch um solche Farben, die sich mit Wasserglas nicht verbinden, zu befestigen. (Ueber Blanc fix oder Permanentweiß: Asselin Brev. d'inv. 16, 342; Wagner's Jahresbericht 1855, 109; Gombertz Monatsschrift d. Gewerbever. Köln 1856, 34; Polyt. Journ. 140, 77; Wagner's Jahresb. 1856, 114; Wagner, Jahresber. 1856, 116; Kuhlmann Compt. rend. 44, 539; 47, 403. 474; Polyt. Journ. 150, 61. 109; Wagner's Jahresber. 1857, 162; 1858, 201; Krafft, Rép. chim. appl. 1, 325; Wagner's Jahresber. 1859, 211; Pelouze, Compt. rend. 48, 771; Rép. chim. appl. 1, 258; Polyt. Journ. 152, 375; Wagner's Jahresber. 1859, 212.)

Kohlensaurer Baryt, $BaO \, . \, CO_2$ oder $\left.\begin{matrix} C_2O_2 \\ Ba_2 \end{matrix}\right\} O_4$, findet sich als Mineralspecies und wird als solche Witherit genannt. Sein Vorkommen ist weit

beschränkter als das des Schwerspaths; bauwürdige Lager existiren nur im Norden Englands, zu Alston in Cumberland und Herham in Northumberland, außerdem kommt er vor zu Leogang bei Salzburg und Peggau in Steiermark. Der Witherit krystallisirt ähnlich wie der Arragonit, meist kommt er aber in derben Massen vor; Bruch uneben, Härte 3 bis 3,5, specifisches Gewicht 4,2 bis 4,3; die reinen Krystalle sind farblos, in großen Massen ist er gelblich, schwach durchscheinend.

Künstlich wird der kohlensaure Baryt durch Fällung einer reinen Chlorbaryumlösung mit kohlensaurem Natron oder kohlensaurem Ammoniak dargestellt, wobei er sich als schwerer weißer Niederschlag ausscheidet, der sich leicht durch Decantation mit Wasser von dem anhängenden Chlornatrium befreien läßt.

Nach Brunner soll man zur Darstellung des kohlensauren Baryts ein Gemenge von 2 Th. krystallisirtem Chlorbaryum, 1 Th. calcinirter Soda und 2 Th. Kochsalz in einem Ofentiegel zum mäßigen Glühen erhitzen und nach dem Erkalten mit Wasser das lösliche Kochsalz ausziehen. Es ist nicht abzusehen, worin der Vortheil dieser Methode liegen soll; eine Fällung durch eine Glühung ersetzen, ist weder ökonomisch richtig, noch eine Erleichterung der Arbeit. Das Einzige, was vielleicht zu Gunsten der Methode sprechen könnte, ist, daß man den kohlensauren Baryt dabei im Zustande großer Dichtigkeit erhält, in welchem er sich leichter auswaschen läßt, als nach der Fällung. Dem steht aber noch entgegen, daß selten oder kaum eine calcinirte Soda vorkommen dürfte, welche nicht wenigstens geringe Mengen von Eisenoxyd, Thonerde, Kieselsäure enthält, daß im Kochsalz leicht Spuren von Magnesia vorkommen und daß alle diese fremden Körper mit in den kohlensauren Baryt übergehen. Da dieser nun vorzugsweise in der quantitativen Analyse und zwar zur Abscheidung des Eisens ꝛc. und zur Aufschließung von Silicaten gebraucht wird, so wird man doch bei der Fällung, bei der man leicht beide Körper chemisch rein anwenden kann, die besten Resultate erlangen. Außerdem ist diese neuere Methode gewiß keine Verbesserung einer anderen, bei der man aber statt des Chlorbaryums schwefelsauren Baryt anwendet, der bei Glühhitze leicht von kohlensauren Alkalien in kohlensauren Baryt verwandelt wird.

Wäßrige Lösungen von kohlensaurem Kali zersetzen schwefelsauren Baryt nur unvollständig. Vogel und Reischauer fanden, daß beim Aufeinanderwirken von gleichen Atomen kohlensaurem Kali und schwefelsaurem Baryt etwa 55 Proc. des letzteren in kohlensauren Baryt verwandelt werden; daß bei 4 At. kohlensaurem Kali auf 1 At. schwefelsauren Baryt ungefähr 77 Proc. zersetzt werden.

Salpetersaurer Baryt, $BaO\,.\,NO_5$ oder $\left.\begin{matrix}NO_4\\Ba\end{matrix}\right\}O_2$. Die Darstellung dieses Salzes ist im Wesentlichen dieselbe, wie die des Chlorbaryums, nur daß man statt der Salzsäure verdünnte Salpetersäure anwendet. Man kann kohlensauren Baryt in heißer verdünnter Salpetersäure lösen, nach dem Erkalten scheidet sich eine reichliche Krystallisation von salpetersaurem Baryt aus. Oder man zersetzt Schwefelbaryum in heißer, wäßriger Lösung mit verdünnter Salpetersäure. Oder man zersetzt Chlorbaryum mit salpetersaurem Natron:

$$BaCl + NaO\,.\,NO_5 = BaONO_5 + NaCl$$

oder

$$\underbrace{BaCl}_{\text{Chlorbaryum.}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}NO_4\\Na\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Salpeters. Natron.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}NO_4\\Ba\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Salpeters. Baryt.}} + \underbrace{NaCl}_{\text{Chlornatrium.}}$$

Mischt man eine heiße Lösung von 4 Th. Chlorbaryum in 8 Th. heißem Wasser mit einer Lösung von 3 Th. salpetersaurem Natron, Chilisalpeter, in 3 Th. heißem Wasser und läßt unter Umrühren erkalten, so scheidet sich der salpetersaure Baryt als feines Krystallmehl aus, welches von anhängendem Chlornatrium durch Waschen mit kaltem Wasser befreit und dann nochmals aus heißem Wasser umkrystallisirt wird, um es chemisch rein zu erhalten.

Der salpetersaure Baryt bildet schöne weiße Krystalle, wasserfrei, die in 12 Th. kaltem und in 3 bis 4 Th. heißem Wasser löslich sind.

Nach Wagner soll man den Barytsalpeter auf ähnliche Weise wie den Kalisalpeter durch Mengen von Witherit mit thierischen stickstoffhaltigen Stoffen darstellen.

Chromsaurer Baryt, $BaO\,.\,CrO_3$ oder $\left.\begin{matrix}Cr_2O_2\\Ba_2\end{matrix}\right\}O_4$. Gelber Ultramarin, Gelbin, Barytgelb, Jaune de Steinbuhl, entsteht durch Präcipitation einer Lösung von Chlorbaryum mit neutralem chromsaurem Kali oder durch Digestion von gefälltem schwefelsaurem Baryt mit neutralem chromsaurem Kali (Wagner) und bildet ein schön gelbes Pulver, welches nach dem Auswaschen mit Wasser unter den obigen Namen als Malerfarbe angewandt wird.

Essigsaurer Baryt, $BaO\,.\,C_4H_3O_3$ oder $\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\Ba\end{matrix}\right\}O_2$, wird durch Lösen des kohlensauren Baryts in Essigsäure und Krystallisation der Lösung dargestellt. Er wird in neuerer Zeit statt des Bleizuckers zur Darstellung der Thonerdebeize in der Kattundruckerei angewandt, wobei man als Nebenproduct Permanentweiß erhält.

Quantitative Bestimmung des Baryts. Der Baryt wird in den meisten Fällen als schwefelsaurer Baryt bestimmt, indem man zu der siedend heißen, schwach mit Salzsäure angesäuerten Flüssigkeit Schwefelsäure fügt. Enthält die Lösung Salpetersäure, so fällt zugleich eine geringe Menge salpetersaurer Baryt mit nieder, wohl in chemischer Verbindung mit dem schwefelsauren, der durch Waschen mit Wasser nicht gelöst wird. Man befeuchtet daher den geglühten schwefelsauren Baryt mit etwas Schwefelsäure, verdampft den Ueberschuß derselben, glüht wieder und bestimmt erst dann das Gewicht. 1 Aeq. oder 116,5 Th. schwefelsaurer Baryt entspricht 1 Aeq. oder 76,5 Th. Baryt oder 1 Aeq. oder 68,5 Th. Baryum.

In einzelnen Fällen muß man den Baryt als Kieselfluorbaryum $3\,BaF + 2\,SiF_3$ bestimmen. Die salzsaure Lösung wird mit einem Ueberschuß von Kieselfluorwasserstoffsäure und dann mit Alkohol versetzt und

das ausgeschiedene Salz nach 24 Stunden auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, mit verdünntem Weingeist gewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen. 1 Aeq. Kieselfluorbaryum oder 419,1 Th. entspricht 3 Aeq. oder 229,5 Th. Baryt, oder 3 Aeq. oder 205,5 Th. Baryum.

Die in Wasser und Säuren unlöslichen Barytverbindungen werden mit kohlensaurem Natron-Kali im Platintiegel geschmolzen, die geschmolzene Masse wird mit Wasser ausgewaschen, wobei der Baryt als kohlensaurer zurückbleibt, der dann in Salzsäure gelöst und mit Schwefelsäure gefällt wird.

Die Trennung des Baryts von allen Körpern, welche mit Schwefelsäure lösliche Salze bilden, bietet nicht die geringste Schwierigkeit, indem man den Baryt direct abscheiden kann.

Hat man Baryt von **Blei** zu trennen, so entfernt man zuerst das Blei durch Schwefelwasserstoff und fällt den Baryt im Filtrat durch Schwefelsäure.

Zur Trennung des Baryts vom **Kalk** fällt man die heiße, mit Salzsäure angesäuerte Lösung mit Schwefelsäure, die vorher mit 300 Th. Wasser verdünnt ist; der schwefelsaure Kalk bleibt dabei gelöst und wird im Filtrat, nachdem dasselbe mit Ammoniak neutralisirt und mit Essigsäure wieder angesäuert ist, siedend heiß mit oxalsaurem Ammoniak gefällt.

Von **Strontian** kann man den Baryt nicht durch Schwefelsäure scheiden, weil der schwefelsaure Strontian so schwer löslich ist, daß er immer neben dem schwefelsauren Baryt mit fällt. Er ist jedoch löslich genug, um mittelst einer Lösung von schwefelsaurem Strontian die Gegenwart von Baryt nachweisen zu können.

Zur quantitativen Bestimmung beider wird die salzsaure Lösung mit Kieselfluorwasserstoffsäure vermischt, dann Alkohol zugesetzt und der Baryt als Kieselfluorbaryum bestimmt. Das Filtrat wird dann bedeutend concentrirt und der Strontian durch Schwefelsäure als schwefelsaurer Strontian gefällt.

Hat man alle vier alkalischen Erden, also **Magnesia**, **Kalk**, **Baryt** und **Strontian** von einander zu trennen, so fällt man zunächst aus der Lösung Kalk, Baryt und Strontian zusammen durch kohlensaures Ammoniak. Im Filtrat bestimmt man die Magnesia durch phosphorsaures Natron und wägt als pyrophosphorsaure Magnesia.

Die drei kohlensauren Salze werden in Salzsäure gelöst und der Baryt durch Kieselfluorwasserstoffsäure entfernt. Das Filtrat wird auf ein geringes Volum concentrirt, dann Weingeist und Schwefelsäure zugesetzt, wodurch Kalk und Strontian als schwefelsaure Salze gefällt werden. Diese werden auf einem Filter mit Alkohol gewaschen, getrocknet und mit kohlensaurem Natron-Kali geschmolzen. Die geschmolzene Masse kocht man mit Wasser aus, um alle Alkalisalze zu entfernen, löst den kohlensauren Kalk und kohlensauren Strontian in Salpetersäure, verdampft zur Trockne und kocht mit absolutem Alkohol, worin der salpetersaure Kalk sich löst, während salpetersaurer Strontian zurückbleibt. Letzterer wird auf einem möglichst kleinen Filter gesammelt und mit absolutem Alkohol gewaschen. In dem alkoholischen Filtrat fällt man den Kalk durch Schwefelsäure, filtrirt, wäscht mit Alkohol, glüht und wägt den schwefelsauren Kalk.

Der salpetersaure Strontian wird auf dem Filter mit kochendem Wasser gelöst, damit ausgewaschen und die Flüssigkeit in einer kleinen gewogenen Platinschale unter Zusatz von Schwefelsäure zur Trockne verdampft. Nach gelindem Glühen wägt man den zurückbleibenden schwefelsauren Strontian. *Stohmann.*

Bier.

Bier.*) Das Bier ist ein dem Wein ähnliches Getränk und als eine alkoholhaltige noch in langsamer weiniger Gährung oder Zersetzung begriffene Lösung stärkemehl- oder zuckerhaltiger Substanzen zu bezeichnen; es unterscheidet sich vom Weine hauptsächlich durch die Verschiedenheit seines Extracts, sowie durch einen größeren Gehalt von Kohlensäure. In der Regel gewinnt man die Lösung zum Bier aus dem gekeimten Getreide oder dem daraus bereiteten Malze, wozu vorzugsweise die Gerste, aber auch der Weizen, Mais und andere Mehlfrüchte verwendet werden. In Nordamerika und Mexico dient vorzugsweise der Mais zum Bierbrauen, die Japanesen bereiten ein Bier, ihr „Sali“ aus Reis, der Abessinier sein „Sasoir“ aus Sesam, die Chinesen ihr „Tarusum“ aus Gerste. Nicht immer wird das Getreide zuvor gemälzt oder zum Keimen gebracht, oft nur ein Theil davon als Malz verwendet.

Außer dem Getreide werden verschiedene andere Zusätze angewandt, wonach das Bier dann auch wohl seine nähere Bezeichnung erhält, wie z. B. durch verschiedene Kräuter das „Kräuterbier“, durch Fichtensprossen das „Sprossenbier“ (Spruce beer, als Mittel gegen den Skorbut), eben so durch Ingwer das „Ginger beer“ (als Magenstärkung bekannt) und durch Wachholderbeeren, ein in Polen beliebter Zusatz. Der Zusatz des Hopfens ist gegenwärtig so allgemein, daß er selbst neben anderem nicht fehlt.

Hieraus ist zu erkennen, daß die Verschiedenheit des Bieres zunächst durch die Art und Beschaffenheit des

*) Der nachstehende Artikel enthält Manches von dem wörtlich, was ich bereits bei meiner Mitwirkung der Herausgabe des Otto'schen Lehrbuches der landwirthschaftlichen Gewerbe, selbst zur neuesten Auflage in dem Abschnitte über Bierbrauerei geliefert habe, ohne daß dies überall dort angeführt wurde; bitte deshalb das Gleichlautende nicht als Entlehnung fremden Eigenthums anzusehen. *Siemens.*

verwendeten Materials bedingt wird. Je nachdem man stark- oder schwachgedörrtes Malz verwendete, unterscheidet man Braun- und Weißbier; nach der Menge des Hopfens erhält man die Süß- oder Bitterbiere; je nach der Quantität des verwendeten Malzes für eine gewisse Menge Bier unterscheidet man Einfaches oder Doppelbier. Auch nach dem quantitativen Verhältniß des Gehalts an Alkohol und Extract macht man einen Unterschied und bezeichnet die alkoholreichen Biere als „trockne", die extractreichen als „substanziöse".

Eine wesentliche Verschiedenheit entsteht aber auch durch den Verlauf oder durch die Art der Gährung, bei der man eine Ober- und eine Untergährung und hiernach „ober- oder untergähriges" Bier erhält. Endlich je nachdem das Bier früher oder später nach seiner Bereitung trinkbar wird, unterscheidet man Winter- und Sommerbier oder Schenk- und Lagerbier, und je nachdem dasselbe vor der Verwendung längere oder kürzere Zeit auf Flaschen gefüllt oder vom Fasse zum Genuß ausgeschenkt wird, bezeichnet man es als Flaschen- oder Faßbier.

Die Bereitung des Bieres war schon in den frühesten Zeiten bekannt, die Aegypter sollen es zuerst und zwar aus der Gerste bereitet haben. Die alten Griechen hatten schon ein Gersten- und ein Weizenbier. Die Römer nannten es nach dem Vorgange der Gallier cerevisia. Die Spanier sollen es celia und ceria genannt haben. Schon zu Tacitus' Zeiten hatten die Deutschen ihr Gerstenbier und dies ist mit Recht bis auf die neueste Zeit als ihr Nationalgetränk zu bezeichnen.

Im 9. Jahrhundert beginnt die Verwendung des Hopfens, die in England erst im 15. Jahrhundert erlaubt wurde. Seit dem 13. Jahrhundert braut man in Deutschland „Lagerbiere". Die besten Biere lieferten die Klöster; man machte hier auch zuerst den Unterschied zwischen Doppel- und einfachem Biere, oder zwischen Pater- und Conventbier, je nach der Stärke desselben. Die meisten Localbiere datiren aus den Mittelalter, eben so die Ertheilung des Rechts zum Bierbrauen. „Weißbier" wurde 1541 zuerst in Nürnberg gebraut. Die zuerst berühmten Biere waren die märkischen, dann im 15. Jahrhundert die fränkischen und baierischen. In England werden die besseren Biere, wie das Ale und Porter, kaum seit 100 Jahren gebraut. In den mehr nördlichen Ländern beschränkte bisher der Genuß des billigeren Branntweins den Genuß des Bieres; erst mit der aus Baiern stammenden Kunst, aus wenig Malz ein gutes und billigeres Bier herzustellen, gewinnt das Biertrinken auch im Norden eine immer allgemeinere Verbreitung und trägt viel dazu bei, den Genuß des Branntweins zu vermindern.

Die Verbreitung und Vervollkommnung der Kunst, aus wenig Malz ein gesundes, erfrischendes und zugleich stärkendes oder nährendes Bier von größerer Haltbarkeit herzustellen, verdanken wir jedoch nicht der empirischen Verpflanzung oder Verbreitung der in Baiern und angrenzenden Ländern üblichen Bereitungsweise, sondern zunächst einer wissenschaftlichen Beurtheilung, die allein das Fehlerhafte von dem Zweckmäßigen zu unterscheiden wußte und dadurch allein dem Besseren eine so schnelle Verbreitung verschaffte. Es erstrecken sich die neueren Verbesserungen und das als besonders wichtig Erkannte auf fast alle die verschiedenen Operationen des Gewerbes.

Zunächst ist es die Wichtigkeit der Verwendung ganz geeigneter Materialien zur Erzeugung eines untadelhaften Bieres, welche mehr erkannt wurde. Kaum giebt es auch ein anderes Gewerbe, dessen Product in seiner Qualität in dem Maße von der Güte des verwendeten Materials abhängt. Aus einem schlechten Malze und Hopfen ist nicht ein Tropfen gutes Bier herzustellen, während wir bei den übrigen landwirthschaftlichen Gewerben z. B. den Branntwein selbst aus minder gutem Material rein und alkoholreich machen können; selbst aus schlechten Rüben, wenn auch wenig, doch immerhin guten Zucker herzustellen vermögen. Die Qualität des einmal erzeugten Bieres ist dagegen keiner Verbesserung fähig. Dies macht vor Allem die genaueste Kenntniß der anzuwendenden Materialien nöthig. Obgleich nur die Erfahrung die zur richtigen Beurtheilung sichersten Anhaltepunkte liefert, indem sich diese meist auf sinnliche Eindrücke stützt, so kann doch auch hier eine nähere wissenschaftliche Prüfung die Werthschätzung unterstützen. Immerhin bleibt es derjenige Theil des Brauereigeschäfts, bei dem man einer gewissen Routine am wenigsten entbehren kann.

Nächst dieser richtigen Beurtheilung des Materials ist das Vorhandensein geeigneter Räume zur Malzbereitung und Aufbewahrung des Bieres dringend nöthig, da ohne solche Räume weder die Erzeugung eines guten Malzes, noch die Erhaltung eines guten Bieres zu erlangen steht. In der Behandlung des Malzes hat man das Bessere vom Schlechteren mehr zu unterscheiden gelernt. Verschiedene zweckmäßige Einrichtungen, wie die Anwendung von Doppeldarren, erleichtern die Gewinnung eines guten Malzes, womit eine geeignete Behandlung auf der Darre verbunden sein muß.

Bei dem Brauprocesse selbst ist es die Zerkleinerung des Malzes mittelst Walzen, statt auf den gewöhnlichen Mahlmühlen, welche eine allgemeinere Verbreitung gefunden, weil sie eine bessere Auflösung und die rasche Gewinnung einer reineren Würze erleichtert. Die allgemeinere Verbreitung der baierischen Art des Maischens oder der Würzegewinnung, die Anwendung von Maschinen zu dieser Operation, die Benutzung besonderer Abseihbottiche mit Seihplatten von Metall statt von Holz, tragen wesentlich dazu bei, den Proceß zu beschleunigen und die Auflösung gegen nachtheilige Einflüsse zu schützen. Die Anwendung von eisernen Kühlern statt der hölzernen, in Verbindung mit Ventilatoren und Benutzung des Eises zur Nachkühlung, machen die für die längere Haltbarkeit des Bieres geeignetere Umlagerung auch bei wärmerer Witterung möglich. Eine zweckmäßigere Einrichtung der Lagerbierkeller und eine entsprechendere Behandlung des Bieres in denselben tragen wesentlich dazu bei, das Bier zu jeder Jahreszeit schmackhaft und erfrischend zu erhalten.

Endlich gewährt der allgemeinere Gebrauch des Saccharometers zur Controle der gewonnenen Extractmenge und des Malzverbrauchs, sowie zur genaueren Beobachtung des Gährverlaufs wesentliche Vortheile, worunter die dadurch möglich gewordene genauere Beurtheilung der

zu erwartenden Haltbarkeit des Bieres besonders hervorzuheben ist.

Diesen hier im Allgemeinen angedeuteten Vervollkommnungen verdanken wir die erlangte Sicherheit in der Erzeugung eines guten Bieres und dessen so rasch wachsende Verbreitung; der Einfluß aber, den die allgemeinere Verbreitung des Biertrinkens auf unsere socialen und nicht minder auf unsere politischen Verhältnisse immer mehr bemerkbar macht, dürfte die Wichtigkeit dieses Gewerbes zur Genüge zeigen.

Materialien zum Bierbrauen. Von den Getreidearten wird vorzugsweise die Gerste verwendet, zu manchen Bieren auch der Weizen und dieser meist nur als Zusatz, und als solcher auch wohl der Hafer. Die Verwendung von Mais ward erst in neuerer Zeit als besonders geeignet empfohlen. Der Werth dieser Materialien wird, wie schon erwähnt, meist nur nach ihrer äußeren Beschaffenheit geschätzt, es ist jedoch unerläßlich, ihre näheren Bestandtheile und deren Eigenschaften oder Verhalten genauer kennen zu lernen. Einiges ist darüber schon in dem Artikel Alkohol (S. 148) angegeben; es wird aber als zweckmäßig erscheinen, hier nochmals das darüber zusammenzustellen, welches davon für die Verwendung zum Bierbrauen als besonders wichtig erscheint.

Die Hülse des Getreidekorns enthält außer dem unlöslichen Faserstoffe einige leicht zersetzbare Substanzen (Extractivstoffe), die der Brauer zu entfernen suchen muß, da sie den reinen Geruch und Geschmack des Bieres beeinträchtigen.

Der mehlige Kern des Getreides besteht vorzugsweise aus Stärkemehl und Kleber, von welchen das erstere als der für den Brauproceß wichtigste Bestandtheil zu bezeichnen ist. Außerdem enthält der Mehlkern etwas Eiweiß und in dem Keime ein fettes Oel. Zucker und Gummi, die man auch unter den Bestandtheilen des Getreides aufzählt, kommen wohl meist nur als Zersetzungsproducte des Stärkemehls darin vor. Von dem Verhalten und den Eigenschaften des Stärkemehls sind hier als besonders wichtig anzuführen:

1) Die Bildung eines Kleisters beim Erhitzen mit Wasser und die leichte Umänderung dieses Kleisters in Milchsäure bei der Gegenwart von stickstoffhaltigen Substanzen, wie der Kleber es ist, welche Umwandlung durch eine Temperatur von 25 bis 35° C. unterstützt wird.

2) Die Umänderung zu einem selbst in kaltem Wasser löslichen Gummi durch stärkeres Erhitzen oder Rösten des trocknen Stärkemehls, wobei zugleich ein oder mehrere brenzliche Oele entstehen, welche wesentlich nicht nur den Geschmack des Bieres bedingen, sondern auch einen bemerkbaren Einfluß auf die Haltbarkeit des Bieres zeigen.

3) Sein Verhalten gegen eine gerbstoffhaltige Auflösung, wie sie im Hopfenextract enthalten ist, welcher das unzersetzte Stärkemehl, den Kleister, durch seinen Gerbstoff aus einer heißen Lösung beim Erkalten ausscheidet.

4) Die Veränderung, welche das Stärkemehl durch die Einwirkung des aus dem Kleber beim Keimen oder Malzen des Getreides gebildeten Diastas erleidet, indem diese Substanz bei einer Temperatur von 60 bis 75° C. das Stärkemehl erst in Dextrin, dann in Gummi und hierauf in Stärkezucker umwandelt.

Das hierbei gebildete Dextrin ist nur in heißem, das Gummi aber auch in kaltem Wasser löslich, aber nicht im Alkohol, der Zucker dagegen in beiden. Die Gegenwart von unzersetztem Stärkemehl oder Kleister giebt sich bei dieser Umänderung durch eine blaue Färbung in einer Jodlösung zu erkennen; die Gegenwart von Dextrin wird durch eine mehr violette und das Gummi nur durch eine etwas bräunliche Färbung durch Jod erkannt. Zu einer solchen Prüfung füllt man am geeignetsten ein kleines Reagirglas zur Hälfte mit reinem Wasser und giebt so viel Jodlösung hinzu, daß es dadurch schwach gelb gefärbt erscheint, worauf man von der zu prüfenden Flüssigkeit einige Tropfen zusetzt. Die Reaction wird sich nach kurzer Zeit zu erkennen geben.

Die Löslichkeit des Zuckers und die Unlöslichkeit des Gummis in Alkohol macht eine Trennung und quantitative Bestimmung derselben durch den Alkohol möglich.

Bei der Umwandlung des Stärkemehls in Dextrin und Dextringummi findet keine Aenderung des quantitativen Verhältnisses ihrer Elemente Statt, dagegen nimmt das Stärkemehl bei seiner Umwandlung in Zucker die Elemente des Wassers auf, so daß 100 Pfund trockne Stärke 111,12 Pfund Zucker liefern sollten. Da jedoch das lufttrockne Stärkemehl vom Getreide noch 12 und von Kartoffeln noch 18 Proc. Feuchtigkeit enthält und bei der Umwandlung der Stärke in Zucker die äußeren Hüllen oder Tegumente der Körner, welche die zersetzbare Stärkemehlsubstanz umschließen, keinen Zucker liefern, so erhält man nach Balling von 100 Pfund lufttrockner Getreidestärke nur 86,5 und von 100 Pfund lufttrockner Kartoffelstärke ungefähr 81 Pfund trockne Masse, die annähernd zu 2/3 aus Stärkezucker und zu 1/3 noch aus Gummi besteht. Die Umwandlung des Stärkemehls in Zucker erfolgt durch Malz erst dann vollständig, wenn man den gebildeten Zucker zuvor von dem unzersetzten Gummi trennt. Eine solche Trennung des Zuckers findet aber bei der Gährung der Lösung Statt und deshalb läßt dieselbe eine dem Stärkemehlgehalte entsprechende Menge Alkohol gewinnen.

Ferner ist zu beachten, daß die Umwandlung des Stärkemehls in Zucker durch das Malz auch dann vollständig erreicht wird, wenn man dabei die Bildung von Kleister vermeidet, weshalb die Temperatur nicht höher zu steigern ist, als zur Zuckerbildung erforderlich ist. Kocht man von Stärkemehl zuvor einen Kleister und versetzt diesen nach der Abkühlung auf die Zuckerbildungstemperatur erst mit Malz, so erfolgt die Umwandlung in Zucker weit langsamer und unvollständiger, als wenn man das rohe Stärkemehl mit dem Malzschrote zusammen nach und nach auf den Zuckerbildungsgrad erwärmt oder erhitzt. Es ist dies Verhalten des Stärkemehls sehr zu beachten, weil die Art der Erhitzung und Leitung dieses Zersetzungsprocesses wesentlich das quantitative Verhältniß zwischen Gummi und Zucker in den zu gewinnenden Lösungen der Würzen bedingt.

Das Stärkemehl erleidet die Umwandlung in Gummi und Zucker auch durch das Kochen mit verdünnten Säuren, namentlich durch die Schwefelsäure. Die Zersetzung erfolgt damit weit vollständiger, als durch das

Malz; doch wendet man dieses Mittel in der Bierbrauerei nicht an, weil die später nöthige Entfernung der Säure den Proceß umständlicher macht und die Lösung dabei einen eigenthümlichen oder fremden Geschmack erhält. Bei der Lösung des Stärkemehls durch Säure bleiben die äußeren Schalen oder Tegumente der einzelnen Körner zurück, ihre Menge beträgt 1 bis 2 Proc. vom Gewicht der Stärke.

Während das durch Malz oder Diastas erzeugte Dextringummi noch einer Umwandlung in Zucker fähig ist, findet diese weitere Umwandlung beim Röstgummi nicht mehr Statt.

Der in dem Getreide vorkommende Kleber ist als eine Zusammensetzung von drei verschiedenen Stoffen anzusehen, wovon ein Theil, das Mucin, im Wasser löslich, ein anderer Theil, der Pflanzenleim oder Glutin, nur in siedendem Alkohol sich löst, während der dritte Körper, das Fibrin, weder im Wasser noch Alkohol gelöst wird. In verdünnten Säuren, namentlich der Milchsäure, die in den Lösungen des Getreides nie fehlt, scheinen diese Stoffe jedoch alle mehr oder weniger löslich und liefern dadurch das Material, aus welchem bei der Gährung der Würzen die neue Hefe erzeugt wird. Auch beim Keimen des Getreides wird der Kleber zum Theil gelöst und es bildet sich daraus jene eigenthümliche Substanz, das Diastas, welche die Umwandlung des Stärkemehls in Gummi und Zucker bewirkt; der Kleber ist deshalb ein für die Biererzeugung sehr wichtiges Material, seine leichte Zersetzbarkeit als stickstoffhaltige Substanz bildet in den meisten Fällen die Ursache weiterer Zersetzungen oder Veränderungen der Bestandtheile, sowohl der Würze als des fertigen Bieres.

Das Diastas ist im Wasser leicht löslich, aber nicht in starkem Alkohol, wodurch es dann nicht bei seiner Gewinnung oder Darstellung aus einer concentrirten Malzlösung, von den in Alkohol mehr oder weniger löslichen Beimischungen zu befreien ist. Will man diesen Körper isolirt darstellen, so zerquetscht man grünes nicht getrocknetes Malz möglichst fein in einem Mörser, übergießt es mit der Hälfte seines Gewichts kaltem Wasser und preßt dasselbe gut aus; hierauf versetzt man die ausgepreßte Flüssigkeit mit so viel starkem Weingeist, als nöthig wird, ihre klebrige oder zähe Beschaffenheit zu zerstören, wobei sich das Pflanzeneiweiß und Gummi in Flocken ausscheidet. Nach dem Abfiltriren versetzt man das Filtrat mit einer größeren Menge Weingeist, wodurch dann auch das Diastas ausgeschieden wird; durch wiederholtes Auflösen in Wasser und neue Fällung mit Weingeist kann man das Diastas rein erhalten. Es erscheint nach dem Trocknen auf Glas oder Porzellan als eine bräunliche, glasige, leimähnliche Masse. Nach Payen und Persoz, die das Diastas zuerst rein herstellten, sollen in 1000 Th. Gerstenmalz nur 1 bis 2 Th. reines Diastas enthalten sein, wovon aber 1 Theil ausreicht, um 2000 Theile Stärkemehl in Gummi und Zucker überzuführen. Gerstenmalz besitzt die zuckerbildende Eigenschaft in höherem Grade als das Weizen- und Roggenmalz. Im gelösten oder feuchten Zustande verliert es diese Eigenschaft bei einer Temperatur, die 75° C. übersteigt, wogegen das trockne Malz unbeschadet weit höher erhitzt werden kann.

Das in dem Getreide enthaltene Pflanzeneiweiß ist in kaltem Wasser leicht löslich, gerinnt aber beim Erhitzen. Aus sehr verdünnten Auflösungen erfolgt seine völlige Ausscheidung erst nach und nach oder durch längeres Sieden, die Gegenwart von vegetabilischen Säuren, namentlich Milchsäure hindert seine Abscheidung beim Kochen.

Die in dem Getreide vorkommenden Salze, meist phosphorsaure, sind für den Brauer weniger beachtenswerth, obgleich sie auf die Nahrhaftigkeit des Bieres wohl nicht ohne Einfluß sind. Eben so wenig beachtet der Brauer das in dem Keime enthaltene Oel. Das quantitative Verhältniß dieser Bestandtheile wechselt je nach der Art des Bodens, der Düngung und des Jahrgangs; vor Allem wirkt die Art des Düngers auf die Menge des Stärkemehls und der sauerstoffhaltigen Bestandtheile, welche letztere vorzugsweise durch animalische Düngung vermehrt werden.

Beim Weizen differirt nach verschiedenen Angaben der Stärkemehlgehalt zwischen 42 und 66 Proc. und der Gehalt an stickstoffhaltigen oder Proteinsubstanzen zwischen 12 und 30 Proc. Bei der Gerste ist diese Differenz weit geringer, ihr Gehalt an Stärkemehl wird im Mittel zu 60 Proc. und an Proteinsubstanzen nicht über 15 Proc. angegeben.

Der Werth des Getreides zum Bierbrauen sowie auch zum Branntweinbrennen steht im Verhältniß zu der durch den Maischproceß in Auflösung zu bringenden Extractmenge. Nach Angabe von Balling beträgt diese beim

Weizen	68	bis	72	Proc.
Roggen	63	„	67	„
Gerste	58	„	62	„
Hafer	40	„	44	„

Es ist dies das Ergebniß der mit Sorgfalt im Kleinen ausgeführten Maischversuche, zu deren Anstellung im Artikel Alkohol (S. 152) die nöthige Anleitung gegeben ist.

Man schätzt im Allgemeinen den Werth des Getreides um so höher, je größer das Gewicht einer Maßeinheit ist; denn je schwerer das Getreide, desto reicher wird es an Stärkemehl und im Verhältniß ärmer an nutzlosen Bestandtheilen sein, so daß das Mehrgewicht eines bestimmten Raummaßes nahezu dem doppelten Werthe einer gleichen Gewichtsmenge von dem Getreide entspricht, oder es wird der Scheffel Gerste, welcher 68 Pfund wiegt, einem anderen gegenüber, welcher nur 65 Pfund wiegt, im Werthe nicht um 3 Pfund, sondern nahezu um 6 Pfund Gerste höher anzunehmen sein, da das Mehrgewicht von 3 Pfund wohl nur ein Mehrgewicht an Stärkemehl ausmacht, wovon in 100 Pfund Gerste nur etwa 60 Pfund enthalten sind.

Es ist dies der Grund, warum der Brauer stets das schwerste Korn, wenn es auch verhältnißmäßig theurer erscheint, vorziehen soll.

Allgemein giebt man der auf ungedüngtem und leichterem Boden gewachsenen Frucht den Vorzug und vermeidet vor Allem eine Düngung mit Schafmist oder Pferch.

Von den verschiedenen Arten der Gerste wird der großen nackten, zweizeiligen oder der Blattgerste der Vorzug gegeben, weil sie am sichersten gedeiht und deshalb

am gleichmäßigsten wächst. Eine gute Gerste zum Brauen soll folgenden Anforderungen entsprechen:

1) Soll sie am ganzen Korne, selbst an den Spitzen eine helle und namentlich gleiche Farbe zeigen. Jeder nachtheilige Einfluß auf die Güte der Gerste giebt sich durch eine Verminderung ihrer gleichen Farbe zu erkennen.

2) Sollen die Körner vollkommen gefüllt, gleich groß, gleich reif, hart und glatt, aber feinhülsig sich zeigen, das Korn soll immer locker, mehlreich, nicht speckig oder hornartig erscheinen. Die Gleichheit der Körner läßt auf eine gleiche Reife schließen und dies verspricht ein gleiches Wachsen oder Keimen der Körner; die innere lockere und mehlige Beschaffenheit zeigt, daß sie nicht nach einer frischen, starken Düngung oder auf schwerem Boden gestanden und deshalb mehr lösbare Theile enthält oder mehr Extract verspricht.

3) Soll die Gerste vollkommen trocken sich zeigen; man erkennt dies schon beim Anfühlen oder Greifen mit der Hand, wenn sie sich dabei nicht ballt und kalt anfühlt, sie soll leicht durch die Finger rinnen, wie dies bei einer trocknen glatten Gerste der Fall ist. Ist die Gerste noch feucht oder wurde sie absichtlich angefeuchtet, so erscheint sie fürs Auge weit voller und feinhülsiger, als dies im trocknen Zustande der Fall ist. Die Erkältung der Hand durch die Feuchtigkeit des Getreides ist so beträchtlich, daß dies selbst für Brauerhände durch Uebung bemerkbar wird.

4) Soll sie einen frischen, reinen Geruch besitzen, worauf der Brauer sehr zu achten hat, da der Geruch am leichtesten erkennen läßt, ob das Getreide nicht durch Nässe Schaden litt. Ein unreiner Geruch der Gerste vermehrt sich durchs Mälzen beträchlich und kann sie zum Bierbrauen leicht ganz unbrauchbar machen.

5) Soll die Gerste frei von anderem Getreide und Unkräutern sein, weil diese, namentlich wenn es Hülsenfrüchte, wie Erbsen oder Wicken, sind, einen Kleber enthalten, der eine rasche Säuerung der Würze oder Auflösung herbeiführt.

6) Soll sie von gleichem Alter und wo möglich nicht älter als ein Jahr sein. Gerste von verschiedenem Alter mit einander gemälzt, läßt keinen gleichen Wuchs der Körner erlangen und mit dem Alter wird auch die Keimkraft oder Keimfähigkeit geschwächt.

7) Soll sie auf einem gleichartigen Felde gewachsen sein, da ungleiche Bodenarten zur Erlangung eines gleichen Wuchses eine verschiedene Behandlung beim Mälzen, namentlich eine längere oder kürzere Zeit zum Einquellen oder Weichen erfordern.

Der Brauer bezieht deshalb seinen Bedarf an Gerste auch gern von größeren Gütern oder aus solchen Gegenden, deren Bodenbeschaffenheit eine zum Bierbrauen geeignete Gerste liefert und deren Eigenthümlichkeit ihm bereits aus der Erfahrung bekannt ist.

Bei der Wahl des Weizens kommen die hier genannten Anforderungen meist gleichfalls in Betracht; man wähle wo möglich einen Weizen mit dünner Schale von heller Farbe, der innen viel Mehl zeigt. Wenn immerhin es die Zeit erlaubt, so verbinde man mit der äußeren Beurtheilung die oben angegebene Untersuchung auf den Gehalt an gewinnbarem Extract, eine längere Uebung macht dann die Beurtheilung um so zuverlässiger.

Der Hopfen ist nächst der Gerste das wichtigste Material zum Bierbrauen. Derselbe besteht aus den Blüthenkätzchen oder Dolden der Hopfenpflanze. Die Dolden zeigen unter den dünnen Blättchen oder Schuppen gelbe nierenförmige Körner oder Drüsen, die als das Hopfenmehl oder Lupulin die werthvollsten Bestandtheile des Hopfens enthalten.

In der Bierbrauerei wird in der Regel nur der cultivirte Hopfen verwendet, da der wildwachsende die nutzbaren Eigenschaften in geringem Grade besitzt. Man verwendet ferner nur die weiblichen Blüthenzapfen und zwar nur die unbefruchteten, da die befruchteten Samenkerne dem Biere einen unangenehmen Geschmack ertheilen; man hat deshalb auch beim Anbau des Hopfens für die Entfernung aller männlichen Stauden Sorge zu tragen.

Der Hopfen verleiht dem Biere nicht nur einen gewürzhaften Geschmack, er macht es auch haltbarer und der Gesundheit zuträglicher. Zu den wirksamen Bestandtheilen zählt man:

1) Ein flüchtiges oder ätherisches Oel, welches dem Bier einen aromatischen Geschmack ertheilt. Die Feinheit des Geruchs von diesem Oele bedingt vorzugsweise die Güte des Hopfens.

2) Einen bitteren Stoff, welcher das Bier der Gesundheit dienlicher und es möglich macht, dasselbe in größeren Quantitäten zu consumiren. Dieser bittere Stoff ist in heißem Wasser leicht löslich und deshalb durch Extraction zu gewinnen. Da auch andere Pflanzenstoffe dem Biere einen bitteren Geschmack ertheilen, so hat man nicht selten diese statt des Hopfens verwendet, es fehlt dann aber das dem Hopfen eigenthümliche Aroma.

3) Einen Gerbstoff, welcher die Klärung und dadurch auch die Haltbarkeit des Bieres befördert; er macht das Bier sicher auch der Gesundheit zuträglicher, doch wird er zum großen Theil beim Erkalten der Würze wieder ausgeschieden, indem der Gerbstoff mit dem unzersetzten Stärkemehle, dem Kleister, und mit den leimartigen Bestandtheilen der Würze eine im Kalten unlösliche Verbindung eingeht und eben dadurch diese Stoffe aus dem Biere entfernt.

4) Ein bitteres Harz, welches in Alkohol löslich, aber auch durch Vermittlung des Zuckers von der Bierwürze aufgenommen wird. Aus dieser scheidet es sich während der Gährung durch das Verschwinden des Zuckers wieder ab, wobei aber durch den gebildeten Alkohol ein Theil gelöst wird. Das Bier erhält dadurch nicht selten einen sehr unangenehmen Geschmack und Eigenschaften (Austrocknen oder Kratzen im Halse), die nicht selten glauben lassen, das Bier sei durch fremdartigen Zusatz verfälscht oder statt des Hopfens andere Substanzen dazu verwendet. Das aufgelöste Harz wirkt durch seine Gegenwart in der Würze gährungshemmend und trägt dadurch gleichfalls zur Haltbarkeit des Bieres bei.

5) Einen gummiartigen Stoff, der die schäumende Eigenschaft des Bieres vermehren soll.

Diese wirksamen Bestandtheile sind theils in den Hopfendoldenblättchen und Stengeln, theils in dem Hopfenmehle oder Lupulin enthalten.

Wimmer fand in 100 Theilen

	der Doldenblätter.	des Mehles.
Hopfenöl	0	0,12
Bitteren Extractivstoff	4,68	3,01
Harz	2,60	2,91
Gerbstoff	1,61	0,63
Gummi	5,83	1,26
Pflanzenfaser	63,95	8,99
In Wasser lösliches Extract	12,12	4,92

Es lassen sich jedoch Mehl und Blätter nicht wohl rein von einander trennen.

Es giebt einen röthlich gelben und einen grünlich gelben Hopfen. Man unterscheidet ferner leichten und schweren Hopfen, wovon der erstere, auf sandigerem Boden producirt, dem Biere ein feineres Aroma, aber keine so große Haltbarkeit verleiht, wie der sogenannte schwere, auf mehr bündigem Boden cultivirte Hopfen.

Den renommirtesten Hopfen liefert Böhmen aus der Gegend von Saaz, Leitmeritz, Falkenau und Pilsen, dann Baiern aus der Gegend von Spalt, Herrbruck, Lauf, Langenzell, Hochstedt, Fürth, Altdorf und Wollenzag. Ferner Braunschweig, Thüringen, die Pfalz und in neuerer Zeit auch die obere Neckargegend bei Rothenburg. In England sind es die Grafschaften Kent und Nottingham, wo viel Hopfen gebaut wird, auch Amerika lieferte bereits größere Quantitäten von guter Qualität.

Die Güte des Hopfens hängt wesentlich von der Lage und Beschaffenheit des Bodens, von der Cultur und Witterung ab, nicht minder aber auch von der zweckmäßigen Ernte, von der Behandlung beim Trocknen und bei der Aufbewahrung.

Der bedeutende Einfluß, den die Güte des Hopfens auf die Güte und Haltbarkeit des Bieres zeigt, macht es nöthig, über die zweckmäßigste Behandlung bei und nach der Ernte des Hopfens hier Einiges anzuführen, welches um so mehr am Platze sein dürfte, als der Hopfenbau in immer größerer Ausdehnung von den Bierbrauern selbst betrieben wird. Zunächst sind hier aber zur Beurtheilung des Hopfens die Anforderungen anzugeben, welche man an einen brauchbaren Hopfen macht.

1) Es sollen die Dolden des Hopfens eine frische, entweder röthlich oder grünlich gelbe Farbe zeigen. Mehr grüne als gelbe Färbung ist als die Folge einer nicht hinreichenden Zeitigung anzusehen, die Farbe ist dann auch matter, nicht frisch und glänzend, und es fehlt das Aroma. Ein bräunliches Ansehen zeigt eine Ueberreife, er ist „stangenreif" geworden. Bemerkt man außen und innen dunkelrothe Flecken, so ist der Hopfen nach der Ernte beim Trocknen nicht gut behandelt und der Hopfen wird dann als „bodenroth" bezeichnet; ein solcher Hopfen hat wenig Werth, zeigen sich aber Schimmelflecke an demselben, so ist er nicht mehr brauchbar.

2) Dürfen die Dolden nicht entblättert sein, aber weder Ranken noch Blätter darin vorkommen und müssen immer viel Mehl zeigen. Ist ersteres der Fall, so wird durch häufiges Wenden oder Umpacken viel von dem werthvollsten Lupulin oder Hopfenmehl verloren sein, Ranken und Blätter ertheilen dem Biere aber einen unangenehmen Geschmack.

3) Soll der Hopfen beim Zerreiben recht harzig oder klebrig sich zeigen und dabei ein reines Aroma, keinen scharfen zipollen- oder knoblauchartigen Geruch verbreiten.

4) Soll sich der Hopfen beim Zusammendrücken etwas ballen und fettig anfühlen.

5) Soll er nicht älter als ein Jahr sein, weil der ältere Hopfen rasch an seinem Gehalte verliert und durch Ranzigwerden seines Oels dem Bier einen unangenehmen Geruch und keine größere Dauer ertheilt. Alten und neuen Hopfen unterscheidet man durchs Zerreißen der Dolden, wobei die etwa vorkommenden Samenkörner leicht abfallen, wenn der Hopfen schon älter ist, beim neuen aber sitzen bleiben. Ferner erscheinen unter der Lupe die gelben Körnchen beim neuen Hopfen hellgelb und glänzend, während sie beim alten dunkle Flecken zeigen.

Das äußere Ansehen wird bei älterem Hopfen mitunter durch das Schwefeln verbessert, es fehlt dann aber doch am entsprechenden Aroma und den übrigen guten Eigenschaften. Eben so wird alter Hopfen, der trocken und spröde ist, dadurch fettig und klebrig gemacht, daß man gepulvertes Harz dazwischen mengt, oder ihn mit eingesottener Bierwürze besprengt; endlich hat man den Hopfen auch mit gelber Ockererde vermischt, die von der Farbe des Hopfenmehles vorkommt, aber durch nähere Untersuchung leicht zu erkennen ist; schon beim Zerkauen einer damit bestreuten Hopfendolde erkennt man die Erde an dem Knirschen unter den Zähnen.

Das Schwefeln des Hopfens ist nicht immer als eine Fälschung zu betrachten, da weder die Güte des Hopfens noch des Bieres dadurch beeinträchtigt wird und bis jetzt kein Grund vorliegt, der den Zusatz von geschwefeltem Hopfen als der Gesundheit schädlich nachweisen ließe. In England wird nur geschwefelter Hopfen verwendet, weil dieser durch das Schwefeln am sichersten gegen eine nachtheilige Aenderung geschützt bleibt und das dortige feuchtere Klima, bei einer in der Regel späten Ernte, das völlige Austrocknen des Hopfens schwerer erreichen läßt, wodurch die Gefahr des Verderbens vermehrt wird. Stärker geschwefelter Hopfen giebt sich durch seine auffallend blasse Färbung leicht zu erkennen. Erfolgt das Schwefeln zum Zweck einer Fälschung, so macht der Nachweis, daß eine Schwefelung stattfand, schon eine nähere Untersuchung nöthig.

Man bringt hierzu eine kleine Portion von dem Hopfen mit Zink und Salzsäure in eine Gasentbindungsflasche und leitet das entweichende Wasserstoffgas in ein Gläschen mit Bleiessig. Ist schweflige Säure im Hopfen, so bräunt sich der Bleiessig. Die schweflige Säure giebt unter den angeführten Umständen Veranlassung zur Entstehung von Schwefelwasserstoff, der die Bräunung oder Schwärzung bewirkt (Heidenreich). — Anstatt des Bleiessigs wird von Wagner eine mit einigen Tropfen Natronlauge vermischte Lösung von Nitroprussidnatrium vorgeschlagen, welche sich beim Eintreten von Schwefelwasserstoff prächtig violett färbt. Unerläßlich für diese Prüfung ist, daß die Salzsäure frei sei von schwefliger Säure und das Zink kein Schwefelmetall enthalte, was durch eine Gegenprobe ohne Hopfenzusatz zu untersuchen ist. Längere Zeit geschwefelter Hopfen enthält statt der schwefligen Säure nur noch Schwefelsäure, deren Gegen-

wart in einem Wasserauszuge des Hopfens, nach dem Ansäuren mit Salz- oder Salpetersäure, durch eine Barytlösung (Chlorbaryum) an einer starken Trübung des Auszugs leicht zu erkennen ist.

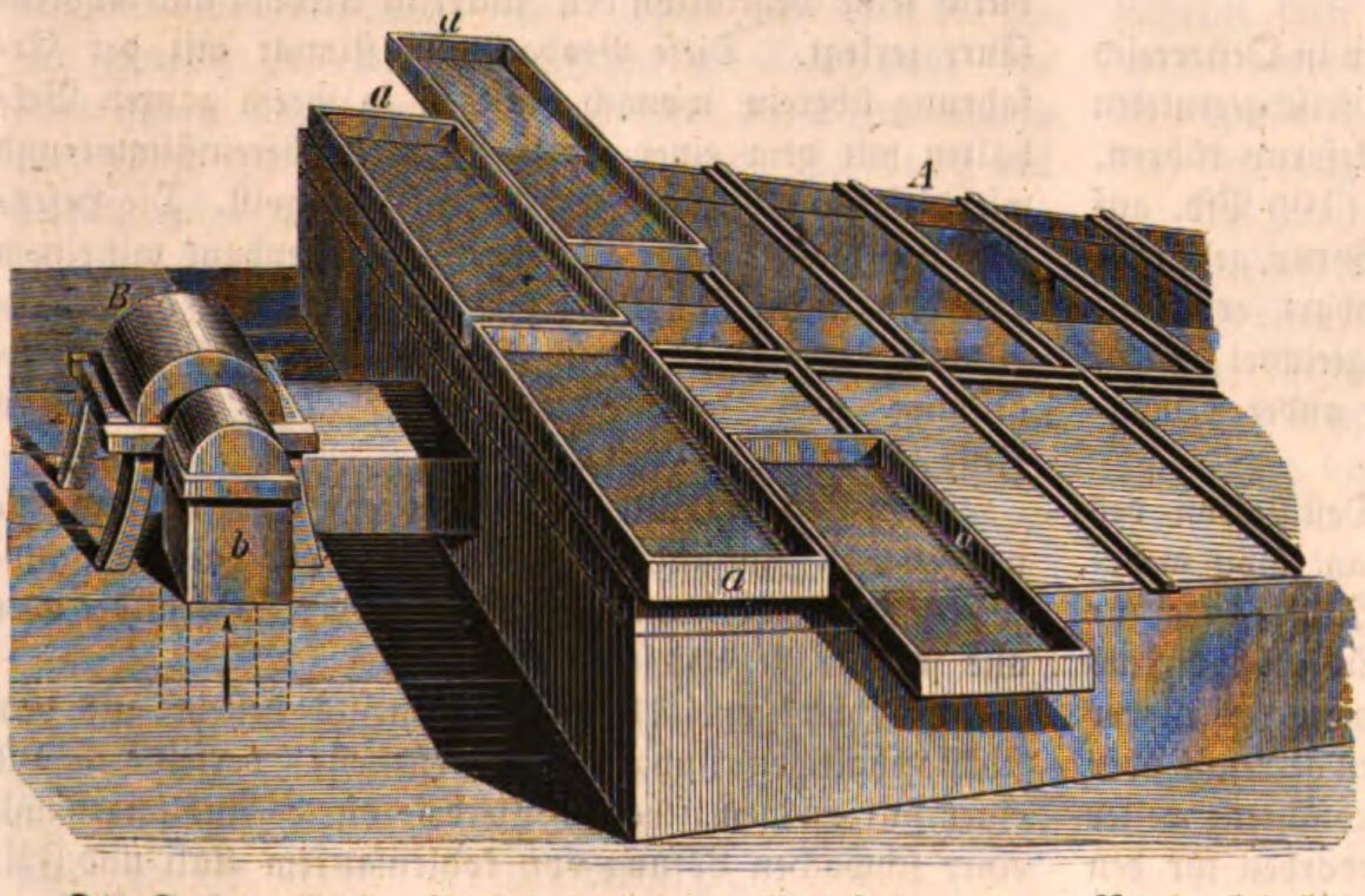
Da, wie erwähnt, die Güte des Hopfens wesentlich durch die sorgfältige Ernte, Trocknung und Aufbewahrung bedingt wird, so ist Folgendes darüber zu erwähnen:

Die Ernte soll womöglich bei trockner Witterung vorgenommen werden; da aber nicht alle Stauden gleichzeitig reifen und die richtige Zeit der Reife von so großem Einfluß sich zeigt, so ist es ein noch sehr verbreiteter Fehler, die Stauden der Reihe nach abzunehmen, es soll beim Hopfen wie bei einer rationellen Weinlese eine sorgfältige Auswahl der hinreichend gezeitigten Stauden stattfinden.

Größere Massen schnell zu trocknen, namentlich wenn dies nicht durch eine trockne Witterung begünstigt wird, erfordert einen großen Bodenraum, da man die Hopfendolden nicht über drei Zoll aufschütten darf und bei dieser Höhe schon ein öfteres Wenden nöthig wird, womit stets ein Verlust an Lupulin verbunden ist; wird das Trocknen an der Luft nicht durch eine günstige Witterung unterstützt, so bekommt der Hopfen leicht Schimmelflecke, und wird er nicht ganz dürr verpackt, so erhitzt er sich leicht und wird dadurch ganz werthlos.

Die Vorrichtungen, durch welche man bisher das Trocknen des Hopfens mittelst erwärmter Luft zu bewerkstelligen suchte, ließen den Zweck nur unvollständig erreichen, theils weil es, bei der allein zulässigen geringen Temperaturerhöhung der Luft (nicht über 36° R.) an hinreichendem Luftwechsel fehlte, theils weil sie ein öfteres nachtheiliges Wenden des Hopfens nöthig machten. Durch die in Fig. 150 abgebildete Hohenheimer Hopfendarre werden die bezeichneten Uebelstände beseitigt und auf unschädliche Weise ein schnelles Trocknen des Hopfens mittelst Ventilation erreicht.

Fig. 150.



Die Darre wurde bereits in dem nassen Jahrgange von 1845 nach meiner Angabe in der technischen Werkstatt zu Hohenheim, wenn auch in etwas weniger vollkommener Weise nicht mit einzelnen Hürden, sondern nur mit einer Darrfläche aus grober Sackleinwand bedeckt, hergestellt und leistete schon, in dieser einfachen Weise ausgeführt, die besten Dienste. Die geeignetste Einrichtung wurde bereits in der 3. Auflage des Otto'schen Lehrbuchs wie folgt von mir angegeben:

Die Darre erhält am geeignetsten eine Breite von 12 Fuß bei einer Länge von 30 Fuß. Die Höhe der vorderen schmäleren Wand beträgt 4 Fuß, die der gegenüberliegenden Wand nur 1 Fuß. Die geneigte Darrfläche *A* besteht aus 20 Hürden *aa....*, welche auf einem Rahmen liegen, der möglichst luftdicht anschließt. Die Fugen an den Seitenwänden können zu diesem Zwecke mit Papier verklebt werden. Mittelst des Ventilators *B* wird Luft, welche unterhalb in einem besonderen Raume beliebig erwärmt worden ist, durch den Schlauch *b* aufgesogen und unter die Hürden getrieben. Die Riemenscheibe an der Achse des Ventilators befindet sich *b* gegenüber und ist in der Figur nicht angedeutet.

Die Hürden können, wie es die Figur veranschaulicht, seitwärts aus dem Falze hervorgezogen werden. Sie sind unten mit einem Bindfadengeflecht, dessen Maschen Oeffnungen von 2 bis 3 Linien Durchmesser darstellen, versehen. Eine jede dieser Hürden faßt bei 3 Fuß Breite, 6 Fuß Länge und 6 bis 7 Zoll Höhe — bis zu welcher Höhe sie vollständig gefüllt werden — 30 bis 36 Pfund grünen Hopfen, wovon nach 8 bis 10 Stunden durchschnittlich 10 Pfund völlig trockner Hopfen erhalten werden.

Zum Wenden des Hopfens bedeckt man eine gefüllte Hürde mit einer leeren, natürlich so, daß der Boden der letzteren nach oben gekehrt ist; hierauf zieht man beide bis zur Hälfte ihrer Länge heraus, ergreift sie beide an der hier befindlichen Querleiste und dreht sie mit einer gewissen, leicht zu erlernenden Geschicklichkeit so um, daß die obere Hürde zur unteren wird, ohne daß der Hopfen dabei durcheinander fällt. Auf diese Weise wird das Umrühren oder jede heftigere Bewegung vermieden und jeder Verlust an dem werthvollen Hopfenmehle verhütet.

Die bereits stärker abgetrockneten Hürden können, um die durchstreichende Wärme zu benutzen, mit einer frischgefüllten bedeckt werden. Auf jeder Hürde sind binnen 24 Stunden 25 bis 30 Pfund, auf sämmtlichen Hürden also mindestens 4 Centner trockner Hopfen zu gewinnen, welcher bei dem raschen Trocknen die Farbe vollständig behält und wenig von dem Aroma verliert. Die kleinen Deckblätter trocknen schon nach kurzer Zeit und nur die innere Rippe der Dolde erfordert zum völligen Austrocknen längere Zeit.

Die so rasch getrockneten Hopfendolden erscheinen anfangs nicht so geschlossen als die an der freien Luft getrockneten, bleiben sie aber noch einige Zeit in nicht sehr hohen Haufen an der Luft liegen, so schließen sich ihre Schuppen oder Blättchen wieder. Wird der Hopfen für den Verkauf bestimmt, so wird es wohl zweckmäßiger sein, das Schließen der Dolden vor dem Verpacken abzuwarten; ist er dagegen für den Selbstgebrauch bestimmt, so kann man ihn gleich nach dem Erkalten fest verpacken.

Längere Zeit an der Luft locker aufgeschütteter Hopfen

zieht Feuchtigkeit an und verliert viel von seinem Aroma. Gewöhnlich verpackt man den Hopfen in größere Säcke, die man zu diesem Zwecke in eine entsprechend weite Oeffnung des Fußbodens aufhängt, um den Hopfen bequem einfüllen zu können. Reicht der Sack nicht bis auf den unteren Boden, so ist er durch eine Unterlage zu unterstützen, um den Hopfen durch Treten recht dicht zusammenbringen zu können. Am zweckmäßigsten wird der getrocknete Hopfen mit einer hydraulischen Presse fest zusammengedrückt. Hierzu bringt man den unteren Theil eines aus mehreren Ringen oder Rahmen zusammengesetzten Kastens, entweder rund aus Stäben oder viereckig aus starken Bohlen hergestellt, unter die Presse und breitet darin den unteren Theil des Hopfensacks aus, während man den übrigen Theil des Sacks nach außen über den Rahmen oder Ring zieht. Hierauf füllt man den Behälter ganz mit Hopfen, legt ein genau schließendes Bohlenstück und weitere Unterlagen darauf, um die Füllung bis zur vollen Kraft der Presse niederdrücken zu können; dann füllt man den Behälter mit einer neuen Portion Hopfen und wiederholt dies nach jedesmaligem Zusammenpressen, bis der erste Satz des Behälters nahezu voll ist, worauf dann der zweite und nach diesem der dritte Satz aufgesetzt und auf gleiche Weise gefüllt wird. Viereckige Kasten lassen sich leicht so einrichten, daß man sie nach dem Einpressen des Hopfens auseinanderlegen kann; runde aus Stäben hergestellte Kasten müssen eine etwas conische Form erhalten, um den gefüllten Sack oder Ballen leicht herausziehen zu können. Die so fest zusammengepreßten Ballen werden dann zweckmäßig mit mehreren Lagen Papier überklebt*).

Der Hopfen verliert mit der Zeit immer mehr von seinem feinen Aroma, schon nach einem Jahre ist der Hopfen an Werth viel geringer, es entstehen dadurch die bedeutenden Schwankungen in dem Preise des Hopfens, je nachdem die Ernte mehr oder weniger reich ausfällt. Man hat deshalb schon mehrfach Mittel vorgeschlagen, den Ueberschuß einer reichen Ernte für den Mangel eines Fehljahres unverändert zu erhalten.

Nach dem Vorschlage von Rietsch, ein in Oesterreich patentirtes Verfahren, soll man den frischgeernteten Hopfen, ohne ihn zu trocknen, in Malzstärkesyrup rühren. Der Hopfen wird dabei in solcher Menge (100 Pfd. auf 10 bis 15 Pfd. Syrup) in den heißen Syrup gebracht, daß die Masse nach dem Erkalten steinhart erscheint. Das Verfahren scheint wenigstens dazu geeignet, einen Hopfenvorrath von einer Sudzeit bis zur anderen möglichst gut aufbewahrt zu erhalten.

Da sich das ätherische Oel durch Destillation des Hopfens leicht abscheiden läßt, so hat man schon mehrfach versucht, dieses dadurch in günstigen Jahrgängen für spätere Zeit, vom Wasser getrennt und dafür mit Spiritus vermischt, aufzubewahren. Eben so hat man den in der Blase zurückbleibenden Extract vom Hopfen getrennt oder auch mit diesem zusammen bis zur Syrupconsistenz weiter verdampft, in geschlossenen Gefäßen unverdorben für den späteren Gebrauch erhalten. Allein alle diese Methoden der besseren Aufbewahrung, so oft sie auch schon als günstig bezeichnet worden, haben bis jetzt keine allgemeinere Anwendung gefunden. Das Bier erhält in den meisten Fällen durch die Verwendung solcher Präparate einen eigenthümlichen, wenn auch nicht unangenehmen Geschmack, der, als dem Biere fremd, Mißtrauen in die Güte des Getränks erweckt.

Das Ferment oder die Hefe dient als Zusatz zur Einleitung einer regelmäßigen Gährung oder Zersetzung des in der Würze enthaltenen Zuckers in Alkohol und Kohlensäure, wobei 1 Pfund des gelösten Zuckers im Mittel $\frac{1}{2}$ Pfund Alkohol und nahezu eben so viel Kohlensäure liefert.

Das Ferment ist ein Product der weinigen Gährung, wobei sich dasselbe aus den gelösten stickstoffhaltigen Bestandtheilen der zuckrigen Lösung der Würze bildet und ausscheidet.

In der Bierbrauerei verwendet man ausschließlich die bei der Gährung der Würze gewonnene Hefe, bei der man eine Ober- und eine Untergährung scheidet. (Ueber die Entstehung und Begründung dieser Unterscheidung ist das Nähere bei der Gährung anzuführen.) Eine gute Bierhefe erscheint im feuchten Zustande als eine dickbreiige blasige Masse, aber ohne Bewegung, von mehr oder weniger hellgelber Farbe, mit einem angenehmen Geruche. Sie muß stets mit der größten Sorgfalt behandelt werden, da sie sehr leicht eine nachtheilige Aenderung erleidet. Für den Bierbrauer ist es deshalb auch von besonderem Interesse, ihre Beschaffenheit und ihre Eigenschaften möglichst genau kennen zu lernen, wenigstens so weit diese eine geeignete Behandlung derselben als nöthig oder begründet erweisen.

Nach Liebig's Ansicht bewirkt das Ferment diese Zersetzung oder Umwandlung des Zuckers in Folge einer Veränderung (Oxydation), welche dasselbe in der Berührung mit Zucker erleidet.

Nach Mitscherlich und Anderen ist die Hefe ein organisirter Körper, eine Zellenpflanze oder Pilz, welcher sich bei der Zersetzung stickstoffhaltiger Körper bildet und durch seine Vegetation den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt. Diese Beobachtung stimmt mit der Erfahrung überein, wonach die Hefe in ihrem ganzen Verhalten mit dem einer zarten Pflanze übereinstimmt und wie diese im Allgemeinen behandelt sein will. Die Hefenzelle besteht aus einer stickstofffreien Zellenhaut mit einem stickstoffhaltigen Inhalte. Ihre Fortpflanzung oder Neubildung findet je nach der Art der Hefe durch Knospenbildung oder durch Pollenkörner der zerplatzenden Zelle Statt.

Die Hefe enthält außer dem eigentlichen Fermente im feuchten Zustande Beimischungen von den Bestandtheilen der gährenden Flüssigkeit, in der sie gebildet oder aus welcher sie abgeschieden wurde.

Der wirksame Theil des Ferments besteht aus dem stickstoffhaltigen Inhalte der Hefenzelle, derselbe ist aus einer gut ausgewaschenen Bierhefe durch Auslaugen mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Kali und Fällung mit Essigsäure zu gewinnen. Der Hefenstoff erscheint dann in gallertartigen Flocken, die in kaltem Wasser und Alkohol unlöslich sind. Außer in Alkalien ist dieser Stoff durch Kalkwasser löslich; durch Erhitzen gerinnt er und verliert dadurch seine Löslichkeit in Alkalien.

*) In Hohenheim wurde nach einer reichen Hopfenernte auf angegebene Weise verpackter Hopfen nach fünfjähriger Lagerung noch um 25 fl. der Ctnr. verkauft.

Säuren fällen den Gährungsstoff, sowie dieser auch durch alle Erd- und Metallsalze aus seiner Auflösung abgeschieden wird. Die meisten mineralischen Säuren vermehren seinen Zusammenhang auf ähnliche Weise wie die Siedhitze und hemmen dadurch seine Aenderung, also auch seine Einwirkung auf den Zucker, welche Einwirkung dagegen durch verdünnte vegetabilische Säuren, sowie auch durch verdünnte Phosphorsäure erhöht wird.

Das reine Ferment hat Aehnlichkeit mit mehreren anderen stickstoffhaltigen Körpern, wie z. B. mit dem Käsestoff, mit dem Pflanzenleim, dem Eiweiß, welche auch als Material zur Hefenbildung die Fähigkeit besitzen, unter Umständen eine gleiche Zersetzung des Zuckers zu bewirken, wenn auch erst nach längerer Zeit und bei einer höheren Temperatur. Ihre Umwandlung zu Ferment wird beschleunigt, wenn sich die Zuckerlösung bereits in Gährung befindet, und es scheint dabei die Kohlensäure besonders günstig zu wirken.

Neue Hefe läßt sich in einer Getreidemaische oder Würze ohne Zusatz von Hefe nur schwierig bereiten, jedoch ist ein Malzextract durch Zuleitung von Kohlensäure in Gährung zu bringen, namentlich bei einem Zusatze von etwas Honig und Weinstein.

Eine gewisse Menge Ferment kann nur eine gewisse Menge Zucker zerlegen. Nach Balling erfordern 100 Gewichtstheile Zucker 10 bis 12 Gewichtstheile dickbreiige oder 2 bis 3 Gewichtstheile trockne Hefe. Auch will Balling gefunden haben, daß die Menge der neu gebildeten Hefe im bestimmten Verhältniß mit der erzeugten Alkoholmenge stehe, indem jene 0,11 des gebildeten Alkohols betrage, so daß für je 100 Pfund Alkohol 11 Pfund trockne oder 50 bis 60 Pfund feuchte Hefe erzeugt werden.

Die Hefe läßt sich im feuchten Zustande nicht lange aufbewahren und schwierig trocknen, sie muß hierzu zuvor durch Waschen oder Abschlämmen so viel als möglich von ihren Beimischungen befreit werden. Gegenwärtig wird das Trocknen der Hefe nicht selten in luftverdünnten Räumen vorgenommen. Auf kürzere Zeit wird die zuvor gepreßte Hefe durch Vermischen mit Stärkemehl conservirt, nach Angabe von Döbereiner durch Zusammenkneten mit getrocknetem Zucker und nach Balling mit Kohlenpulver oder Staub.

Bei längerer Unterbrechung des Brauereibetriebs, wie dies bei der Untergährung der Fall ist, wird zur Conservirung der Hefe eine stärkere Würze sammt der Hefe in möglichst kalten Kellern aufbewahrt und das Bier erst dann von der abgelagerten Hefe getrennt, wenn man diese verwenden will; die Menge der Hefe ist dadurch wieder zu vermehren, daß man nach und nach immer größere Portionen stärkerer Würzen mit der von der vorher gewonnenen neuen Hefe in Gährung bringt. In der Regel befassen sich nur einige Brauer mit dieser Wiedererzeugung einer frischen Bierhefe beim Beginn einer neuen Brau- oder Sudperiode und überlassen von dieser Hefe dann an die übrigen Brauer meist gegen sehr gute Bezahlung.

Für den Brauer ist es besonders wichtig, zu beachten, durch welche Einflüsse die Wirkung des Ferments geschwächt oder befördert wird. In dieser Beziehung ist hier anzuführen:

1) Daß durchs Austrocknen und durch wiederholtes Auswaschen die Wirkung der Hefe geschwächt wird.

2) Daß durch solche Stoffe, welche den wesentlichen Bestandtheil der Hefe auflösen, wie die Alkalien und der Kalk, oder solche, welche mit dem Fermente Verbindungen eingehen, wie die meisten Metallsalze und der Gerbstoff, die Wirkung des Ferments zerstört wird. Eben so durch schwefelhaltige flüchtige Oele, wie das Senföl.

3) Daß sich die Hefe zwischen 34 und 35° C. wirksam zeigt, die Siedhitze aber wie der Frost die Wirkung zerstören.

Das Wasser ist unstreitig eines der wichtigsten Materialien, und wenn auch seine Beschaffenheit nicht allein die Güte des Bieres bedingt, so hat sie doch einen nicht zu verkennenden Einfluß auf die Güte und namentlich auf die Haltbarkeit des Products, ja mitunter auf die Eigenthümlichkeit desselben, wie bei der in Goslar gebrauten Gose und mehreren anderen Bieren.

Das Wasser kommt als das allgemeinste Auflösungsmittel in der Natur fast nie ganz rein vor, sondern stets mit fremden Bestandtheilen vermischt, wodurch es dann auch mehr oder weniger zur Bierbrauerei geeignet wird.

Das Regen- oder Schneewasser ist, namentlich beim Beginn des Regens, mit den in der Luft schwebenden organischen und anderen Stoffen so verunreinigt, daß es beim Aufbewahren schnell fault, und dadurch für den Bierbrauer, welcher Lagerbier brauen will, nicht zu empfehlen. Nur zum Mälzen oder Einweichen des Getreides hat es, wenn es nicht lange steht, seiner leicht lösenden Kraft wegen, einen besonderen Werth. Wird es von seinen Verunreinigungen befreit, was durch Filtration leicht geschehen kann, so ist es als besonders geeignet zu empfehlen.

Das Quell- oder Brunnenwasser enthält dagegen mehr mineralische Theile, welche meist an Kohlensäure gebunden und durch diese in Auflösung erhalten werden. Mit der Verflüchtigung der freien Kohlensäure durchs Kochen oder Stehen an der Luft scheiden sich seine Theile ab. Erfolgt diese Abscheidung während des Gebrauchs, so macht der entstehende Niederschlag das Wasser zu Auflösungen weniger geeignet und vermindert auch die Leistung der Erhitzungs- und Abkühlungsflächen der Geräthe.

Am häufigsten findet man kohlensauren und schwefelsauren Kalk oder Gips im Brunnen- oder Quellwasser; auch kohlensaures und schwefelsaures Eisenoxydul sowie geringe Mengen von Kochsalz kommen darin vor. Enthält das Brunnenwasser diese Bestandtheile in größerer Menge, so bezeichnet man es als hart; finden sich außer den genannten noch andere Salze in bedeutender Menge, so gehört dasselbe zu den Mineralwassern, die sich zum Bierbrauen nicht eignen.

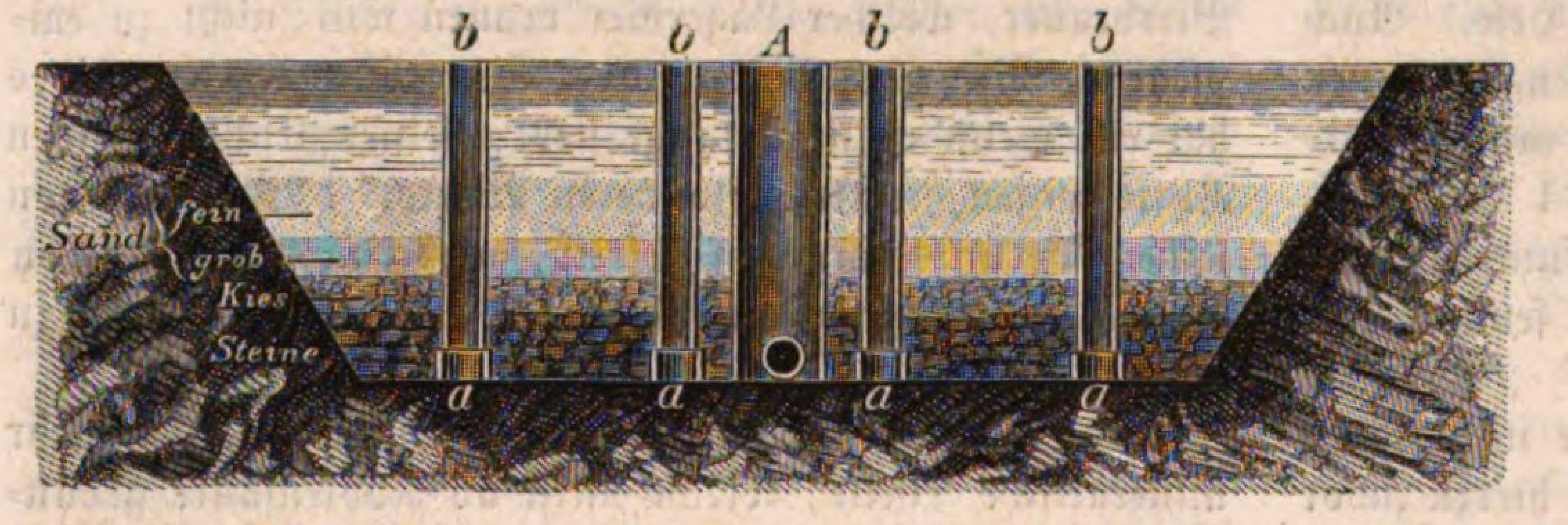
Hat man ein sogenanntes hartes Wasser in der Bierbrauerei zu verwenden, so wird es am einfachsten durch Stehenlassen an der Luft in großen Behältern oder Teichen von den mineralischen Theilen befreit, selbst die nicht selten vorkommende Verunreinigung durch Gips wird dadurch am einfachsten aus dem Wasser abgeschieden. Da wo man die erforderlichen größeren Behälter nicht haben kann, muß man das harte Wasser vor der Verwendung zu Auflösungen, wie zum Maischen, einige Zeit kochen, wobei man die erdigen Theile durch ein einfaches Mittel,

durch den Zusatz von etwas kaltem Malzextract, vollständig entfernen kann. Ein nur durch kohlensauren Kalk verunreinigtes Wasser ist zur Bereitung von Lagerbier sehr geeignet, weil es frei ist von organischen oder anderen leicht zersetzbaren Beimischungen; auch zum Auffüllen der Lagerfässer im Keller ist solches Wasser am geeignetsten, weil es der Säuerung entgegenwirkt.

Das Flußwasser enthält in der Regel weit weniger Salze und mineralische Theile aufgelöst, ist aber nicht selten durch erdige und organische Beimischungen mechanisch verunreinigt, wovon man es durch Filtration jedoch leicht befreien kann.

Organische Verunreinigungen gehören unstreitig, wenn sie dem Biere nicht etwa seine Eigenthümlichkeit zu ertheilen haben, wie dies bei einigen Localbieren wohl der Fall ist, zu den nachtheiligsten Beimischungen, weil sie der Haltbarkeit des Bieres am meisten schaden. Ein solches Wasser muß vor seiner Verwendung durch Filtration gereinigt werden. Zur Herstellung eines solchen im Großen leicht ausführbaren Filters können die in London zur Reinigung des Themsewassers gebräuchlichen Behälter als Muster dienen. Es sind dies etwa 5 Fuß tiefe mit Cement ausgemauerte Becken, wovon Fig. 151 einen Querdurchschnitt zeigt. Auf dem Boden errichtet

Fig. 151.



man von Backsteinen flache 10 bis 12 Zoll breite Canäle aa...., die Fugen dieser Canäle bleiben offen, damit das Wasser, nachdem es die Filtrirschichten durchsickert hat, eindringen kann. Die Filtrirschichten bestehen unten aus einer 12 Zoll hohen Lage faustdicker Steine, dann 6 Zoll Kies, hierauf 2 Zoll grobem und dann 14 Zoll feinem Sand. Zum Entweichen der Luft dienen 6 Zoll weite eiserne Röhren b, die in die Canäle münden und über den Wasserspiegel ragen. Aus den Canälen zieht das Wasser nach einem gemeinschaftlichen Sammelkasten, von welchem aus das filtrirte Wasser in den Cylinder A aufsteigt und von hier unterhalb des äußeren Niveaus abzuleiten ist. Nur die obere Sandschicht ist bei diesen Behältern von Zeit zu Zeit zu erneuern.

Hat man ein Wasser zu benutzen, welches oft Schlammtheile in größerer Menge mitführt, wie dies bei Flüssen nicht selten der Fall ist und wodurch die horizontalen Filtrirflächen oft rasch verschlämmt werden, so kann man die Filtration auch in der Weise ausführen, daß man längs des Flusses am Ufer eine schmale, lange Vertiefung ausgräbt und diese durch eine Filtrirwand von dem Flusse trennt, durch welche dann das Wasser seitwärts eindringt, die Schlammtheile aber durch den Fluß selbst von der verticalen Filtrirwand abgespült werden. Zur einfachen Herstellung einer solchen Filtrirwand werden auf 4 Fuß Entfernung zwei Reihen Pfähle auf je 2 Fuß eingerammt und durch starke Weiden oder auch dünne Buchenstangen oder Heister ein Flechtwerk hergestellt, welches zwei Wände auf 4 Fuß Entfernung bildet. Dieser Zwischenraum wird nun an den Seiten mit gröberem und in der Mitte mit feinerem Kies ausgefüllt, durch welchen das Wasser eindringt, alles Trübe aber zurückgehalten wird.

Man muß den Behälter hoch genug bauen, damit er nicht durch das Hochwasser überschwemmt wird. Läßt sich dies nicht wohl vermeiden, so ist der Behälter durch eine gute Bedeckung dagegen zu schützen.

Eine solche Einrichtung ist namentlich für flache Gegenden zu empfehlen, wo es nicht selten an einem zum Brauen von Lagerbier geeigneten Wasser fehlt. Je reiner das Wasser von organischen Theilen ist, desto mehr haltbares Bier kann man aus einer gewissen Menge Malz erzeugen; denn es bleibt stets die Hauptaufgabe des Brauers, aus wenig Malz viel gutes und namentlich haltbares Bier zu bereiten.

Zur genauen Beurtheilung des Wassers ist eine chemische Untersuchung erforderlich, doch läßt sich seine Brauchbarkeit zum Bierbrauen schon durch folgende einfache Proben zur Genüge erkennen:

1) Wenn das Wasser rein und klar ist.
2) Wenn es dabei keinen Geruch und keinen harten, sondern einen milden Geschmack besitzt.
3) Wenn es durch Seifenspiritus nicht stark getrübt wird.
4) Wenn es beim Kochen keinen merklichen Niederschlag absetzt.
5) Wenn sich Hülsenfrüchte, wie Erbsen, Linsen schnell darin weich kochen.
6) Wenn es bei längerer Aufbewahrung namentlich in der Wärme nicht übelriechend wird.

Es ist dies letztere eine der wichtigsten Prüfungen, die man vorzunehmen hat, denn sie zeigt, ob das Wasser viel organische Theile enthalte oder nicht, was so entscheidend auf die Haltbarkeit eines schwachen oder nicht alkoholreichen Bieres einwirkt.

Nicht ohne Einfluß ist auch die Temperatur des zur Verfügung stehenden Wassers. Am besten ist es, wenn sich die Temperatur Winter und Sommer nahezu gleich bleibt, es zeigt dies einen tieferen Ursprung und dadurch auch die Wahrscheinlichkeit, daß es nicht erheblich mit dem mehr verunreinigten Tagwasser vermischt sei. Wärmeres Wasser ist weniger zu der oft nöthigen letzten Abkühlung der Würze anwendbar, auch lassen sich damit die Keller und andere Räume, wie Gähr- und Malzkeller, nicht so frisch oder kühl erhalten, als wenn hierzu kälteres Wasser zu Gebote steht. Zu kaltes Wasser, wie dies oft bei zu seicht liegenden Wasserleitungen im Winter vorkommt, ist aber besonders nachtheilig bei seiner Verwendung zum Einweichen des Getreides behufs der Malzbereitung, worüber später Näheres anzuführen bleibt.

Bereitung des Malzes. Das Mälzen oder Keimenlassen des Getreides bezweckt zunächst, durch diesen Proceß aus dem Kleber den zuckerbildenden Stoff oder das Diastas und neben diesem zugleich auch schon so viel als möglich Zucker aus dem vorhandenen Stärkemehle zu erzeugen. Diese gleichzeitige Umwandlung des Stärke-

mehls in Zucker gewährt für den Brauer den großen Vortheil, daß er den später vorzunehmenden Maischproceß weniger mit Rücksicht auf die dadurch zu erlangende Zuckerbildung, sondern mehr mit Rücksicht auf eine rasche und vollständige Gewinnung aller lösbaren Theile vornehmen kann.

Nur da, wo man neben dem Malze noch ungemälztes Getreide oder andere stärkemehlhaltige Materialien zum Bierbrauen verwenden will, ist der Keimungsproceß lediglich in Rücksicht auf die Erzeugung des zuckerbildenden Stoffs zu leiten oder auszuführen, wie dies namentlich bei der Bereitung des Malzes für die Brennerei der Fall ist.

Das Keimen oder die Erregung der Lebensthätigkeit in dem Getreidekorn ist an nachfolgende Bedingungen geknüpft:

1) An die Gegenwart einer gewissen Menge Feuchtigkeit in dem Getreide.

2) An eine gewisse Temperatur, die nicht unter 8 und nicht über 30° C. betragen soll.

3) An den Zutritt von Luft.

Sind diese Bedingungen erfüllt, so wird sich der Keimproceß um so rascher einstellen, je höher die Temperatur ist; er macht sich zunächst durch ein Anschwellen des Keimes bemerkbar und bald darauf werden die Würzelchen des Keimes hervorbrechen, während der Blattkeim erst etwas später bemerkbar wird. Dieser kommt bei der Gerste nicht an demselben Ende, wo die Wurzelkeime hervorbrechen, zum Vorschein, er treibt unter der Schale oder Hülse dem entgegengesetzten Ende zu; beim Weizen ist dies jedoch nicht der Fall, er erscheint hier bald nach den Wurzelkeimen und ist von diesen durch seine mehr platte und einseitig gebogene Form zu unterscheiden. Der Keimproceß ist mit der Entwicklung von Wärme verbunden, es wird Sauerstoff absorbirt und Kohlensäure entwickelt, es ist demnach der Kohlenstoff, der eine Oxydation erleidet. Die Folge dieser Oxydation ist die Entwicklung von Wärme, die dann den Fortgang des Processes begünstigt. Die Entwicklung des Graskeimes schreitet dabei auf Kosten der Mehlsubstanz oder des aus derselben gebildeten Zuckers fort, was gleichfalls durch eine höhere Temperatur begünstigt wird. Man hat deshalb auch die Temperatur möglichst niedrig zu halten, um diesen Zuckerverlust auf das Unvermeidliche zu beschränken. Die Ausbildung der Wurzelkeime scheint mit der Zersetzung oder Lösung des Klebers und mit der Bildung der Zuckermenge in Uebereinstimmung zu stehen, weshalb sie denn auch den Maßstab für das Fortschreiten des Processes giebt. Ist hierbei das gewünschte Ziel erreicht, so hat man für die Unterbrechung der weiteren Fortentwicklung der Keime zu sorgen und erreicht dies theils durch Verminderung der Temperatur, theils durch Entziehung der Feuchtigkeit.

Man theilt hiernach den Proceß des Mälzens in drei verschiedene Operationen, und zwar:

1) Das Einquellen oder Weichen des Getreides.

2) Das Wachsen oder Keimen.

3) Das Trocknen und Darren.

Die Ausführung dieser Operationen geschieht nun in folgender Weise:

1) Das Einquellen oder Weichen des Getreides. Es bezweckt, wie erwähnt, die Zuführung der nöthigen Feuchtigkeit, wobei man der Getreidehülse gleich einige Stoffe zu entziehen sucht, welche den Geschmack des Malzes und dadurch auch den des Bieres beeinträchtigen würden.

Bevor das Getreide zur Weiche kommt, ist es so viel als möglich von allen Verunreinigungen und fremden Beimischungen zu befreien. Je sorgfältiger dies ausgeführt wird, ein um so reinschmeckenderes und haltbareres Bier wird man gewinnen können. Das anscheinend reine Getreide enthält eine große Menge Schmutz, der am besten vor dem Einweichen entfernt wird, weil er während des Mälzens durch die Feuchtigkeit leicht übelriechend wird, fremde Samenkörner aber, wie schon früher erwähnt, später leicht Säuerung verursachen.

Zum Einquellen dient der sogenannte Quellbottich, Quellstock oder Weiche, ein hinreichend großes Gefäß, am zweckmäßigsten von Gußeisen oder Steinplatten hergestellt. Für je 100 Pfund Gerste hat es 5 Cubikfuß Raum zu fassen. Die Aufstellung dieses Gefäßes muß die Zu- und Ableitung des Wassers, sowie die Füllung und Entfernung des Getreides erleichtern und den nöthigen Schutz gegen Frost gewähren. Am bequemsten stellt man die Weiche so auf, daß sie mit ihrer unteren Hälfte in den Malzkeller ragt und hier so hoch am Boden steht, daß man das eingeweichte Getreide durch eine im Boden der Weiche angebrachte größere Oeffnung sogleich in ein Transportgefäß fallen lassen kann, womit es auf die Wachstenne zu führen ist.

Bevor man das gut geputzte Getreide in den Quellbottich bringt, füllt man diesen zur Hälfte mit Wasser und rührt das nach und nach zuzuschüttende Getreide tüchtig auf, um eine Absonderung der leichteren Körner zu befördern. Was von diesen Körnern nach 2 bis 3 Stunden nicht niedersinkt, wird als Abschöpfgerste entfernt, da es beim Brauen keinen Werth hat.

Das Erweichen der Körner soll möglichst rasch erfolgen, weil die Keimkraft der Körner bei längerem Verweilen unter Wasser leicht Schaden leidet. Man wählt deshalb zu dieser Operation das reinste und weichste Wasser, dessen Temperatur nicht unter 4 bis 10, am besten 15° C. beträgt. Zeigt das Wasser bei strenger Kälte diese Temperatur nicht, so ist es zweckmäßig, dasselbe bis zu dieser Temperatur, am einfachsten mittelst Dampf oder durch Mischung mit wärmerem Wasser, zu erwärmen. Das Weichwasser ist so oft, in der Regel nach 24 Stunden, an dem Getreide zu erneuern, als es durch dasselbe gefärbt erscheint; es hängt die Zeit der Erneuerung sehr viel von der Temperatur des Wassers und der Witterung ab. Im Sommer wird der Wechsel öfter nöthig, als im Winter; bleibt das Wasser zu lange an dem Getreide, so erhält dies leicht einen schlechten Geruch davon. Zweckmäßig ist es, das Getreide nach dem Ablassen des Wassers einige Stunden ohne Wasser stehen zu lassen, damit die Körner abwechselnd auch der Luft ausgesetzt werden; im Sommer dürfen die Körner aber nicht zu lange ohne Wasser bleiben, weil sie sich sonst leicht zu stark erwärmen. Beim Ablassen des Wassers hat man darauf zu sehen, daß dieses auch rein und vollständig ablaufe, weil bei nicht vollständiger Entfernung die im Wasser

liegen bleibenden Körner ihre Keimkraft verlieren und dann verderben.

Die zum Einweichen oder Quellen erforderliche Zeit hängt von der Temperatur und Beschaffenheit des Wassers und des Getreides ab. Nie sollte das Weichen über vier Tage dauern, da im anderen Falle entweder das Getreide oder das Wasser ungeeignet ist. Im Allgemeinen braucht die Gerste längere Zeit als der dünnhülsige Weizen. Der richtige Grad des Einweichens ist genau zu beachten, weil dadurch das gleichmäßige Keimen der Körner wesentlich bedingt wird.

Zu starkes Einweichen verursacht leicht ein Absterben der Keimkraft und liefert durchs Darren viel sogenanntes Stein- oder Glasmalz, welches für den Brauproceß nicht nur verloren geht, sondern auch, durch die bei solchen nicht keimungsfähigen Körnern bald eintretende Säuerung, das Bier weniger fein und zum Verderben geneigt machen wird.

Das sicherste Zeichen der richtigen Weiche ist, wenn ein Korn, mit den Spitzen zwischen dem Zeigefinger und Daumen gefaßt, zusammenzudrücken ist und sich dabei die Hülse von dem mehligen Kern ablöst.

Im Allgemeinen ist es besser, das Getreide etwas zu wenig als zu viel einzuweichen, es hängt dies wesentlich von der Beschaffenheit des Wassers und des Getreides ab, und es zeigt sich hierbei das Alter oder die erlangte Trockenheit, der Jahrgang, die Beschaffenheit des Bodens, sowie die Cultur von wesentlichem Einfluß; je dickhülsiger das Getreide, oder je nachdem solches von schwererem Boden stammt, erfordert es eine längere Weiche als feinhülsiges von leichterem Boden. Ferner je trockner die Luft und das Local ist, wo das Korn keimen soll, desto mehr Wasser muß es durch das Einweichen aufnehmen. In England bringt man die Gerste nach einer kaum vierzigstündigen Weiche bis zum Beginn des Keimens in 2 bis 2½ Fuß hohe Haufen und wendet diese binnen 24 Stunden höchstens einmal, um eine stärkere Erwärmung zu verhüten. Bei diesem Verfahren findet nur eine unbedeutende Auslaugung der Körner Statt, wodurch die Keimfähigkeit besser erhalten wird; das dortige feuchte Klima vermindert das Abtrocknen, so daß es auch beim späteren Auswachsen nicht an der nöthigen Feuchtigkeit fehlt.

Der Einfluß einer richtigen Weiche auf das regelmäßige Keimen wird sehr bemerkbar, weshalb diese Operation die strengste Aufsicht erfordert.

Gut geweichtes Getreide soll eine helle Farbe zeigen und den Geruch des reifen Obstes verbreiten.

Nach dem Ablassen des letzten Wassers bleiben die Körner noch 4 bis 6 Stunden in der Weiche oder besser in einem 2 bis 3 Fuß hohen Rahmen oder größeren Haufen liegen, es trägt dies zur Entwicklung des angenehmen Geruchs bei und läßt die Zeit des Unterwasserliegens abkürzen. Die Gerste verliert durchs Einquellen nach dem Trocknen 1 bis 2 Proc. ihres Gewichts, nimmt dabei aber gegen 47 Proc. Wasser auf und vermehrt ihr Volum um 25 Proc.

2) Das Wachsen oder Keimen. Das Gelingen dieser Operation hängt wesentlich von der Beschaffenheit des dazu erforderlichen Locals, der sogenannten Wachstenne, und von der Pünktlichkeit und Geschicklichkeit des Mälzers ab. Das Local soll so viel als möglich unabhängig vom Wechsel der Witterung sein und eine Temperatur von 10 bis 15° C. zeigen, wobei es weder trocken noch dumpfig sein darf. Von großem Einfluß ist dabei die Beschaffenheit des Pflasters und seines Untergrundes, der vor Allem von gleicher Beschaffenheit sein soll, denn jede Verschiedenheit wird sich an dem Wachsen des Malzhaufens zu erkennen geben. Je nach der Tiefe des Kellers und nach dem Feuchtigkeitsgrade des Grund und Bodens hat man die Unterlage für den Plattenboden zu wählen. Ist das Terrain feucht, so verwende man als Unterlage ein lockeres Gestein, am besten einen aus Kalk und Ziegelsteinen bestehenden Bauschutt; ist der Grund trocken, so bringe man eine Lage Lehm oder Letten unter den Plattenboden; zu diesem eignen sich am besten feingeschliffene Sandstein- oder Kalksteinplatten, wie die in Baiern verbreiteten Kehlheimer Steine es sind. Diese müssen recht dicht an einander gefugt werden, damit keine Körner in den Fugen sitzen bleiben, die hier bald verderben, indem sie schimmeln und dadurch auch die gesunden Körner mit Schimmel überziehen. Da sich die Feuchtigkeit, auch die von den Wänden ablaufende, unten an den Seitenwänden sammelt, so führt man zweckmäßig unter dem Pflaster längst der Wände einen Canal und bekleidet jene auf einen Fuß Höhe gleichfalls mit Platten. Decke und Wandungen sind gut mit hydraulischem Mörtel zu verstreichen, damit man Alles recht reinlich halten kann. Durch fleißiges Uebertünchen der Wände hat man den sich hier leicht ansetzenden Schimmel sorgfältig zu vertilgen, weil er gleichfalls ansteckend wirkt, ein verschimmeltes Korn aber Säuerung und unreinen Geschmack des Bieres verursacht.

In England verwendet man in der Regel keine Kellerräume zum Keimen des Malzes. Die dort selbst im Winter herrschende milde, feuchte Luft macht dies unnöthig und deshalb kann man dort die Wachstennen leicht reinlicher halten, als dies in den kälteren Gegenden möglich wird. Die Reinlichkeit des Malzkellers hat aber, wie schon erwähnt, einen merkbaren Einfluß auf den reinen Geschmack des Bieres.

Die Behandlung des Malzes auf der Wachstenne ist eine verschiedene und weicht hauptsächlich darin von einander ab, daß man das eingeweichte Getreide bei dem früher in Norddeutschland und auch in England noch gebräuchlichen Verfahren zunächst zu einem höheren Haufen aufschüttet und diesen bis zum Eintritt einer bemerkbaren Erwärmung liegen läßt, dann aber wiederholt zu einem nach und nach dünneren Haufen umsticht und zwar nach jedesmaliger Erwärmung, bis das Malz hinreichend gekeimt erscheint. Man wird nach diesem Verfahren nicht leicht ein ganz gleichmäßig gewachsenes Malz erhalten, da die Verhältnisse oder Einflüsse, unter welchen sich die unteren und oberen oder die äußeren und inneren Körner des Haufens befinden, sehr verschieden sind, das Wenden aber nicht so ausgeführt werden kann, daß nicht ein Theil der Körner nach dem Wenden sich noch unter denselben Einflüssen befindet, unter welchen dieselben Körner vor dem Wenden sich befanden; oder daß nicht Körner, die außen lagen, wieder nach außen zu liegen kommen und andere stets in der Mitte des Haufens bleiben.

Die äußeren Lagen des Haufens werden aber stärker

abtrocknen als die inneren und hier wird die Erwärmung eine viel stärkere sein als außen. Wenn aber in einer feuchten Atmosphäre wie in England der Verlust an Feuchtigkeit in den äußeren Schichten des Malzhaufens nicht erheblich ist, und wenn alle Sorgfalt darauf verwendet wird, daß keine erhebliche Erwärmung im Innern des Haufens eintritt, was durch rechtzeitiges Wenden zu vermeiden ist, so läßt sich auch nach dieser Methode, wie die Erfahrung in England zeigt, aus guter Gerste ein vortreffliches Malz bereiten, ein Erfolg, der wohl nicht zum geringen Theil dem bei diesem Verfahren zulässigen kurzen oder schwachen Einweichen des Getreides und der dadurch besser erhaltenen Keimkraft zuzuschreiben ist. Ferner steht nicht zu bestreiten, daß mit diesem Verfahren die Malzbereitung eher in einem für diese Operation nicht ganz geeigneten Locale, namentlich im Winter, auszuführen ist, als nach der in Baiern und angrenzenden Bierländern verbreiteten Mälzungsart, deren Gelingen so wesentlich von der Beschaffenheit des Malzkellers abhängt. Dieses mit der Verbreitung des baierischen Bieres allgemeiner angewandte Verfahren der Malzbereitung unterscheidet sich von jenem wesentlich dadurch, daß man das eingeweichte Getreide zunächst in flachen Haufen zum Keimen bringt und dies erst später durch die dabei sich erzeugende Wärme bis auf einen gewissen Grad unterstützt oder vorschreiten läßt. Die specielle Ausführung geschieht in folgender Weise*):

Auf die sorgfältig gereinigte Wachstenne wird das eingeweichte Getreide, je nachdem das Local, namentlich der Fußboden oder das Pflaster wärmer oder kälter, trockner oder feuchter, das Getreide mehr oder weniger geweicht ist, zu einem 4 bis 5 Zoll hohen Haufen oder Beete ausgebreitet und in diesem, je nachdem es schneller oder langsamer abtrocknet und dies mehr oder weniger bezweckt wird, 2 bis 3 Mal täglich, oder so oft umgewandt, als die Oberfläche abgetrocknet erscheint und eine Ungleichheit in Betreff des Feuchtigkeitsgrades zu vermeiden ist. Man legt dabei den Rand des Haufens ein wenig höher als die Mitte, weil das Getreide am Rande schneller abtrocknet.

Dies Wenden, in Baiern „Widern“ genannt, geschieht mit einer leichten, flachen Schaufel in zwei Stichen, so daß die obere abgetrocknete Schicht nach unten, die untere feuchtere Schicht aber nach oben in dem neuen Haufen zu liegen kommt. Man hat dabei darauf zu achten, daß die untere Schicht immer rein weggenommen wird, damit nicht zu viel Körner zertreten werden, die später schimmeln und eine schädliche Säuerung verursachen. Der Mälzer soll deshalb auch zu dieser Arbeit Filzschuhe oder mit dickem Filz besohlte Holzschuhe anziehen.

Ferner hat man beim Wenden Sorge zu tragen, daß der Haufen immer gleich hoch zu liegen kommt, oder im Fall die eine oder andere Stelle des Haufens etwas dünner oder dicker liegen muß, um eine Ungleichheit im Wuchs zu verhüten, so ist dies genau zu beachten; die Nähe der Thür oder eines Fensters, namentlich aber die Beschaffenheit des Pflasters machen solche Vorsicht nicht selten nöthig.

*) Das Wesentliche der nachfolgenden Anweisung wurde von mir bereits zur 3. Auflage des Otto'schen Lehrbuchs gegeben.

Nach 2 bis 3 Tagen werden die Körner schon anfangen zu keimen, stechen, spitzen oder gutzen, wie es die Brauer nennen. Das Wenden wird so lange fortgesetzt, bis sich die Entwicklung der Wurzelkeime im ganzen Haufen gleichmäßig verbreitet hat und so weit vorgeschritten ist, daß zwei bis drei Wurzelkeime an jedem Korne sichtbar sind, die Keime gabeln. Bis zu diesem Zeitpunkt sucht man jede bemerkbare Temperaturerhöhung im Haufen zu vermeiden, von nun an muß dieselbe aber durch Erhöhung oder durch das sogenannte Zusammensetzen des Haufens bis zu einem gewissen Grade gesteigert werden. Der Haufen, welcher hierzu beim letzten Wenden auf 8 bis 10 Zoll je nach der äußeren Temperatur oder nach dem Wuchs des Getreides zusammengesetzt wurde, bleibt so lange liegen, bis er durch den lebhafter eintretenden Keimungsproceß die Temperatur von 20 bis 25° C. erreicht hat. Durch diese Erwärmung fängt der Haufen förmlich an zu transpiriren, so daß seine obere Lage durch die Ausdünstung der unteren oder mittleren ganz durchnäßt wird.

Der Mälzer hat darauf zu achten, daß dieser sogenannte Schweiß in hinreichendem Grade erfolge, die Temperatur aber nicht höher als 25 bis 27° C. steige und sämmtliche Körner nach und nach diesem Schweiße ausgesetzt werden oder zu jener Ausdünstung gelangen. Auf die Herbeiführung und Leitung dieser Ausdünstung wird von Vielen ein besonderer Werth gelegt, weil das Malz durch dieselbe viel von seinem rauhen, unangenehmen Pflanzengeschmack verlieren und fähig werden soll, ein weit feiner schmeckendes Bier zu liefern.

Der Haufen muß nach Erlangung der erwähnten Temperatur aufs Neue gewendet oder umgesetzt werden, was jetzt aber nicht in zwei, sondern in drei Stichen geschieht, wobei jedesmal die obere und untere kältere Schicht in die Mitte, die mittlere oder wärmste aber auf den Boden und die Oberfläche des neuen Haufens zu liegen kommt. Dies möglichst vollständig zu erreichen, erfordert, wie schon gesagt, eine Geschicklichkeit, die nur durch längere Uebung zu erlangen steht.

Nach abermaligem Eintritt des Schweißes, der sich in der Regel nach 8 bis 10 Stunden zeigt, wird der Haufen zum zweiten Mal auf die angegebene Weise umgesetzt, wobei man, wie das erste Mal, darauf zu achten hat, daß bei dem nöthigen Zertheilen oder Sprengen der mittleren Schicht die Körner nicht zu sehr abgekühlt werden, weil ihre Keime dadurch leicht welken und dann nicht weiter fortwachsen. Dieses Abwelken der Keime, was nicht selten eintritt, mag zum Theil wohl durch den starken Wechsel der Temperatur verursacht werden, meist aber ist Mangel an Feuchtigkeit die Ursache. Die Verdunstung der Feuchtigkeit ist um so stärker, je mehr sich der Haufen erwärmt, und deshalb wächst die Gefahr des Abwelkens mit der Erwärmung des Haufens. Genaue Beachtung der Temperatur ist dabei dringend nöthig. Geübte Mälzer erkennen den Fortgang ihrer Mälzung an der Menge und Größe der Schweißtropfen, welche sich unterhalb an die auf den Malzhaufen fest angedrückte Schaufel ansetzen. Beobachtet man die Temperatur mittelst des Thermometers, so hat man dafür zu sorgen, daß sich die Kugel des Thermometers an der wärmsten Stelle des Haufens befindet, welche 2 bis 3 Zoll unter

der Oberfläche sein wird, je nach der äußeren Temperatur und Höhe des Haufens.

Nach dreimaligem Umarbeiten des Haufens sollen die stark in einander gewachsenen Wurzelkeime bei der Gerste die Länge eines halben Zolls erreicht haben und der Blattkeim bis zur Mitte des Korns vorgeschritten sein.

Beim Weizen dürfen die Wurzelkeime nicht ganz die angegebene Länge erreichen und der Blattkeim, welcher am gleichen Ende des Korns zum Vorschein kommt, vom Wurzelkeim kaum zu unterscheiden sein. Dieses schwächere Wachsen des Weizens bewirkt man durch flacheres Zusammensetzen des Haufens und durch Verhütung einer stärkeren Erwärmung durch frühzeitiges Wenden.

Wurde das Getreide nicht hinreichend eingeweicht oder trocknete der Malzhaufen meist in Folge starker Erwärmung schnell ab, so entsteht, wie schon erwähnt, aus Mangel an Feuchtigkeit eine Stockung im Wuchs oder Ausbildung des Keims. In einem solchen Falle übersprengt man wohl den Haufen vor dem Umsetzen mit nicht zu kaltem Wasser.

Besser als das Anfeuchten mit Wasser ist das Feuchthalten der Luft im Keller mittelst zugeleiteten Wasserdampfs, der sich viel gleichmäßiger an dem kälteren Getreide niederschlägt. Bei dem Anfeuchten mit Wasser ist es fast unvermeidlich, daß nicht einige Stellen des Haufens ganz durchnäßt werden, wodurch hier die Körner zu sehr erweichen und dann leicht sauer werden; der Brauer sucht deshalb auch das Uebersprengen des Malzhaufens womöglich zu vermeiden und leistet lieber Verzicht auf ein vollständigeres Durchmälzen der Körner *).

Beim dritten oder vierten Umsetzen des Haufens, je nachdem man den Schweiß gleichmäßig erlangt hat, wird der Haufen wieder um 2 bis 3 Zoll flacher gesetzt oder **ausgezogen**, damit seine Temperatur nicht so schnell wieder steigen und die im Wuchs zurückgebliebenen Körner Zeit behalten, sich vollkommen auszubilden.

Dieses **Ausziehen** des Malzhaufens wird, je nachdem man kurz oder lang gewachsenes Malz haben will, 2 bis 3 Mal wiederholt, und zwar so bald nach einander, daß keine stärkere Erwärmung des Haufens dabei eintreten kann.

Ob man das Malz lang oder kurz wachsen lassen soll, darüber ist man verschiedener Ansicht. Man nimmt an, daß aus einem länger gewachsenen Malze leichter ein helles, klares, glänzendes oder blankes Bier, aus einem kürzer gewachsenen aber ein gehaltvolleres Bier zu bereiten sei. Hierbei schätzt man jedoch den größeren oder geringeren Gehalt des Bieres in der Regel nur nach dem Geschmack des Bieres, welches von einem kurzgewachsenen Malze durch seinen größeren Gehalt an Gummi oder ähnlichen Stoffen substanziöser oder voller schmeckt, als das alkoholreichere Bier aus der mehr verzuckerten oder durchmälzteren Frucht. In den meisten Fällen wird aber aus dem kürzer gewachsenen Malze eine geringere Menge lösbarer Theile gewonnen, weil der nicht durchmälzte Theil nicht zur Lösung kommt; es ist dies namentlich der Fall, wenn man das Malz später auf einer gewöhnlichen Mühle und hier recht fein schroten läßt, um das Ablaufen der Würze zu befördern. Diesen schwer löslichen Theil des Malzes findet man dann als eine speckige Masse in den ausgelaugten Trebern und der dadurch entstehende Verlust ist weit größer als der, welcher durch ein längeres Wachsen des Malzes verursacht wird. Ferner ist ein weniger vollständig ausgewachsenes Malz viel vorsichtiger beim Dörren zu behandeln und liefert hier auch **ganz andere Röstproducte** als ein vollständig durchmälztes Korn.

Es bestimmen übrigens verschiedene Umstände, ob man das Malz länger oder kürzer wachsen lassen muß. Beschaffenheit der Gerste, durch den Boden und Jahrgang verschieden, sowie das zu verwendende Wasser zeigen sich hier von besonderem Einfluß.

Bei einer guten Mälzung soll die Farbe der Gerste unverändert bleiben, alle Körner gleichmäßig keimen, ein angenehmer Geruch bemerkbar bleiben. Ferner sollen die Keime recht frisch, spröde und kraus, nicht matt oder welk erscheinen, sie sollen in kleinen Flocken an einander haften und keine festen, größeren Klumpen bilden.

Als Zeichen der hinreichenden Keimung werden angegeben:

1) Wenn die Wurzelkeime die $1\frac{1}{2}$fache bis doppelte Länge des Kornes erreicht haben.

2) Wenn sich das Malz recht wollig oder filzig angreift.

3) Wenn die Körner süß und nicht mehr mehlig schmecken.

4) Wenn der Blattkeim bei der Gerste unter der Hülse vollkommen bis zur Hälfte des Korns vorgedrungen ist.

Genauere Beobachtung zeigt, daß mit diesem Vordringen des Blattkeims die Durchmälzung des Mehlkörpers gleichen Schritt hält, man erkennt dies deutlich beim Durchschneiden in horizontaler Richtung des plattliegenden Korns, und es ist deshalb **das Vordringen des Blattkeims der sicherste Maßstab zur Beurtheilung der erlangten Mälzung des Korns.**

Sobald die Zeichen der fertigen Mälzung bemerkbar sind, kommt das Malz zur Unterbrechung des weiteren Fortwachsens auf die sogenannte **Schwelche** oder den **Welkboden**, oder auch sogleich auf die Darre.

Das im Vorstehenden als baierische Mälzungsart beschriebene Verfahren wird jedoch nicht überall auf gleiche Weise ausgeführt. Man hat in vielen Brauereien die Schädlichkeit einer längeren oder stärkeren Weiche kennen gelernt und bringt deshalb das nur schwach eingeweichte Getreide zunächst in eine Nachweiche oder legt es bis zum Eintritt einer kaum bemerkbaren Erwärmung in einen höheren Haufen, den man dann aber flach auszieht und hier auch nur wenig wendet, damit er nicht so stark abtrocknet. Man läßt es dabei aber zu keiner Erwärmung kommen, was man mitunter für den ganzen Keimungsproceß zu vermeiden sucht, den Haufen also auch nicht

*) In der Hohenheimer Brauerei, wo die Bereitung des Malzes des Unterrichts wegen in der Regel nur im December und Januar vorgenommen wird, hielt es früher oft schwer, in dem kalten bis dahin nicht benutzten Keller ein gutes Malz herzustellen; nachdem man aber die Einrichtung getroffen, den Keller mittelst Dampfheizung erwärmen zu können, gelingt es gleich mit der ersten Mälzung, ein untadelhaftes Product zu erzeugen. Zur Erwärmung des Plattenbodens wird dieser vor der ersten Mälzung mit Tüchern (die wollenen Preßtücher der Zuckerfabrik) belegt und wiederholt mit siedendem Wasser übergossen. Nach der ersten Mälzung ist diese Erwärmung unnöthig.

zusammensetzt und in Schweiß kommen läßt. Die Temperatur wird stets unter 25° C. gehalten. Man nennt dies: den Haufen mit kaltem Schweiß führen. Auch in England habe ich ein vortreffliches Malz ganz ohne Erwärmung vor dem Darren machen sehen; es fand dort der Proceß des Schwitzens erst auf der Darre Statt, worüber später das Nähere.

Die Dauer einer Mälzung vom Einweichen bis zum völligen Auswachsen erfordert je nach der Temperatur des Weichwassers, des Kellers und je nachdem man die Keimung oder den Haufen wärmer oder kälter führt, 8 bis 16 Tage. Je langsamer das Keimen vor sich geht, desto mehr bildet sich im Verhältniß zum Wurzelkeim der Blattkeim aus und desto mehr schon in kaltem Wasser lösliche Theile werden im Korne erzeugt.

Der zur Malzbereitung überhaupt nöthige Flächenraum richtet sich nach der für jede Mälzung erforderlichen Zeit.

Der Gewichtsverlust, den das Malz bei dem Keimen erleidet, wird zu 3 Proc. angenommen und kommt auf Rechnung des Kohlenstoffs, der zur Bildung von Kohlensäure mit dem aufgenommenen Sauerstoff verbraucht wurde.

Ueber die Veränderung, die die Bestandtheile des Getreides durch den Keimungsproceß erleiden, liegen verschiedene Angaben vor.

Proust fand bei der Gerste:

	In der ungekeimten.	In der gekeimten.
Stärkemehl und Zellstoff	87	68
Zucker	5	15
Dextrin	4	15
Gluten und Mucin	3	1
Gelbes Harz	1	1

Saussure fand beim Weizen:

	In dem ungekeimten.	In dem gekeimten.
Stärkemehl	72,7	65,8
Zellstoff	5,5	5,6
Zucker	2,4	5,1
Dextrin	3,5	7,9
Gluten und Mucin	11,8	7,6
Eiweiß	1,4	2,7

Neuere Analysen von Oudemanns geben die Menge des durchs Keimen gebildeten Zuckers weit geringer an, dagegen eine bedeutende Vermehrung der Zellstoffe, sowie auch eine Vermehrung der Eiweißstoffe.

Er fand bei der Gerste:

	Ungemälzt.	Gemälzt.
Stärkemehl	53,8	47,3
Dextrin	4,5	6,5
Zucker	6,0	0,4
Zellstoff	7,7	11,7
Eiweißkörper	9,7	11,0
Fett	2,1	1,8
Asche	2,5	2,6
Wasser	18,1	16,1
	98,4	97,4

Die starke Vermehrung des Zellstoffs und der geringe Zuckergehalt lassen auf eine starke Ausbildung des Blattkeims schließen; ob das Malz als ein gutes, brauchbares zu bezeichnen war, bleibt dahin gestellt.

Das gekeimte Getreide kommt, wie schon angeführt, zur Unterbrechung des Keimens entweder zunächst auf einen luftigen Bodenraum, Schwelke oder Schwelchboden, zum Theil aber auch wohl sogleich auf die Darre.

Der Schwelchboden muß einen hinreichenden Raum der Wachstenne darbieten, um das Malz gehörig dünn ausbreiten zu können; ein dickeres Aufschütten macht ein häufiges Wenden nöthig, wobei stets viel Körner zertreten oder mit der Schaufel zerdrückt werden, die später Schimmel ansetzen und sauer werden und dadurch den Keim zum Verderben in das Bier bringen. Bei Mangel an hinreichendem Raum ist es zweckmäßiger, das Malz sogleich auf die Darre zu bringen und hier durch mäßiges Heizen und fleißiges Wenden die Feuchtigkeit vor dem eigentlichen Dörren oder Darren zu entfernen, worüber das Nähere im Nachstehenden folgt.

3) Das Darren oder Dörren des Malzes. Es bezweckt diese Operation nicht allein eine vollständige Entfernung der Feuchtigkeit, sondern meist auch, durch die Einwirkung einer höheren Temperatur, eine weitere Veränderung der Bestandtheile des gekeimten Getreides, die Erzeugung von Stoffen, welche das Bier theils gehaltvoller, theils für den Genuß angenehmer machen, namentlich aber auch dem Biere eine weit größere Haltbarkeit verleihen.

Die Einrichtung der Darre oder die Vorrichtung zum Trocknen und Dörren (Rösten) des Malzes ist für die leichtere oder schwerere Ausführung der Operation von wesentlichem Einfluß, man findet sie auf mannigfaltigste Weise ausgeführt und mehr oder weniger zweckentsprechend in Anwendung.

Man unterscheidet je nach der Art der Erwärmung oder je nachdem die zum Trocknen und Dörren benutzte Luft erhitzt und zugeführt wird: Rauch-, Luft- und Dampfdarren.

Zu den wesentlichen Theilen einer jeden Darreinrichtung gehört: die Heizung und die Darrfläche, auf welcher das Malz zu liegen kommt. In der einfachsten Ausführung, wie sie heute noch selbst in England zu treffen ist, besteht eine solche Darre aus einer Reihe von gemauerten Canälen, die mit Steinplatten bedeckt und durch eine Feuerluft (Rauch) entweder von einer noch zu anderen Zwecken dienenden Feuerung (Braukesselfeuerung) oder von einer für die Darre ausschließlich bestimmten Feuerung geheizt werden. Hier wird das Malz auf der Darrfläche nur erhitzt und die Verdunstung seiner Feuchtigkeit durch diese Erwärmung, nicht aber durch einen durch das Malz streichenden Luftwechsel befördert. In seltenen Fällen wird man auf einer solchen Darre mehr als die Entfernung der Feuchtigkeit erlangen.

Bei den meisten Darren findet man die Darrfläche aus fein durchlöcherten Eisenplatten (mit 20 bis 25 Oeffnungen auf 1 Quadratzoll) von Sturz oder Blech, aber auch von Guß hergestellt. Die Oeffnungen sind entweder rund oder länglich. Die Anfertigung aus Kupfer wird durch die Vervollkommnung der Eisenarbeit wohl nur noch selten vorkommen. Ferner trifft man sie aus an einander geflochtenen Drahtstäben, welche den meisten Durchgang für die Luft gewähren, aber beim Betreten der Darrfläche keine Haltbarkeit zeigen. Die Dicke des Drahts, welcher die Stäbe mit einander verbindet, bedingt die Entfernung oder Oeffnung zwischen den Stäben.

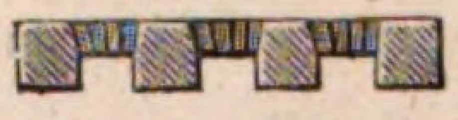
Wird für diesen Bindedraht da, wo er oberhalb über die Stäbe geht, nicht eine Vertiefung durch Einfeilen hergestellt, so wird der hier vorstehende Draht durchs Umschaufeln oder Wenden des Malzes bald abgenutzt. Man macht den Drahtflächen noch den weiteren Vorwurf, daß bei ihnen viele Körner durchs Wenden abgestoßen werden, weil sich diese zwischen den Stäben leicht festklemmen.

Die Drahtflächen eignen sich am besten zur Herstellung von „Satteldarren", die beim Wenden nicht betreten werden, da man die schrägliegende Fläche nicht breiter macht, als dies das Wenden von der Seite erlaubt.

In Holland findet man die Darrfläche gewöhnlich aus gebrannten Steinplatten hergestellt, welche den Vorzug gewähren, daß eine Ungleichheit der Heizung oder ein Wechsel der Temperatur dem Malze nicht so nachtheilig wird, wie bei den dünnen eisernen Darrflächen. Die Steinplatten sind gleichfalls fein durchlöchert, die Oeffnungen gehen aber nicht einzeln durch die ganze Dicke der Platten, diese erhalten von unten größere Oeffnungen oder Vertiefungen, in welche dann von oben eine größere Zahl der kleineren Oeffnungen einmündet. Die Platten behalten dadurch eine größere Stärke und die kleinen Oeffnungen verstopfen sich nicht so leicht. Fig. 152 zeigt den Durchschnitt einer solchen Darrplatte.

Die Darrflächen liegen entweder ganz horizontal oder auch in schräger Lage, und dann meist nach zwei Seiten zu geneigt, in welchem Falle sie als Satteldarren bezeichnet werden. Die Darrfläche ist dann mehr lang als breit, damit das Wenden, wie schon eben bemerkt, von der Seite her, ohne Betreten der Darre, geschehen kann; die horizontal liegenden Flächen bilden meist ein Quadrat.

Fig. 152.



Der Raum oberhalb der Darrfläche ist bei den Satteldarren in der Regel frei, bei den oberen Flächen aber eingeschlossen und oben in der womöglich gewölbten Decke mit einer verschließbaren Oeffnung für den Abzug der Feuchtigkeit versehen. Am zweckmäßigsten leitet man die oberhalb abziehende feuchte Luft in den Kamin der Heizung, indem man jene Oeffnung damit in Verbindung bringt; die Wärme des Kamins befördert den raschen Abzug der Feuchtigkeit oder den Zug der Darre.

Eine wesentliche Verbesserung in Betreff der Darrflächen besteht in der Anwendung von zwei Darrflächen über einander, wovon die obere zum Trocknen, die untere dagegen zum eigentlichen Dörren oder Rösten des Malzes dient. Die erwärmte Luft von der unteren Darrfläche findet dadurch auf der oberen Darrfläche noch Gelegenheit, sich vollständig mit Feuchtigkeit zu sättigen, so daß nur völlig ausgenutzte Wärme entweicht. Näheres darüber wird bei der Behandlung des Malzes auf der Darre noch erwähnt werden.

Die Heizung der Darre wird auf verschiedene Weise ausgeführt. Bei den sogenannten Rauch- oder niederländischen Darren befindet sich in einiger Entfernung, meist gerade unterhalb der Darrfläche, der Raum, wo das Feuer, am besten unter einem Gewölbe, brennt, aus welchem dann die erhitzte Luft mit den Producten der Verbrennung oder dem Rauche in dem nach der Darrfläche zu erweiterten Raume in die Höhe steigt, von hier die durchlöcherte Darrfläche und das Malz durchdringt und mit der Feuchtigkeit desselben durch eine Oeffnung aus der Decke des oberen Darrraums entweicht.

Um das Verbrennen der durchfallenden Malzkeime zu verhüten, befindet sich oberhalb der Feuerung auf freistehenden Pfeilern eine größere Steinplatte oder statt dieser ein steiler Blechschirm, der die hinunterfallenden Malzkeime seitwärts leitet. Auf sorgfältige Entfernung der Keime ist Bedacht zu nehmen, da diese sich hier durch fortgerissene Funken leicht entzünden.

Um bei diesen Darren eine vollständige Verbrennung zu erlangen, giebt man dem Gewölbe, unter welchem das Feuer brennt, nur seitwärts Oeffnungen, die nach abwärts gerichtet sind, wie dies in Fig. 153 angegeben, und umkleidet dies Feuergewölbe auf 4 bis 5 Zoll Entfernung noch mit einem zweiten Gewölbe, welches dann unten seitwärts die Oeffnungen zum Eintritt der kalten Luft und oben mehrere Oeffnungen zur gleichmäßigen Vertheilung der erwärmten Luft erhält. Die Umkleidung des überwölbten Heerdraums wird nöthig, um eine innige oder gleichmäßige Mischung der heißeren mit der kälteren Luft zu bewirken, da diese Vermischung in einem weiten Raume nicht wohl zu erlangen steht. Die Erfahrung zeigt, daß die heißere Luft die kältere in einem weiten Raume zu einer bedeutenden Höhe mit fortreißen kann, ohne sich damit zu verbinden oder zu mischen.

Fig. 153.



Die Ueberwölbung des Heerdraums läßt eine weit vollständigere Verbrennung oder Entwicklung der Heizkraft des verwendeten Brennmaterials erreichen und vermeidet das Entweichen von Rauch, der sich hier an der erhitzten Ueberwölbung leicht entzündet.

Solche mit direct zugeleiteter Feuerluft hergestellte Darren gewähren eine bedeutende Holzersparniß, liefern aber ein Malz, von welchem das Bier, namentlich wenn nicht für eine vollständige Verbrennung des Rauches gesorgt wurde, einen Beigeschmack erhält, der zwar im Biere nicht allgemein unbeliebt ist, aber doch den reinen Geschmack desselben beeinträchtigt. Dabei erfordert die Heizung solcher Darren eine größere Vorsicht, weil die Temperatur schnell steigt und fällt, ferner ist nur ganz trocknes Buchenholz dazu verwendbar. Am besten eignen sich Kohks als Brennmaterial für die erwähnte Einrichtung, sie verbrennen hier vollständig und verursachen keine bedeutenden Schwankungen in der Erhitzung, dabei ertheilen sie dem Malze keinen unangenehmen Geruch und die geringe Menge von schwefliger Säure, die sie entwickeln, trägt zur Haltbarkeit des Bieres bei.

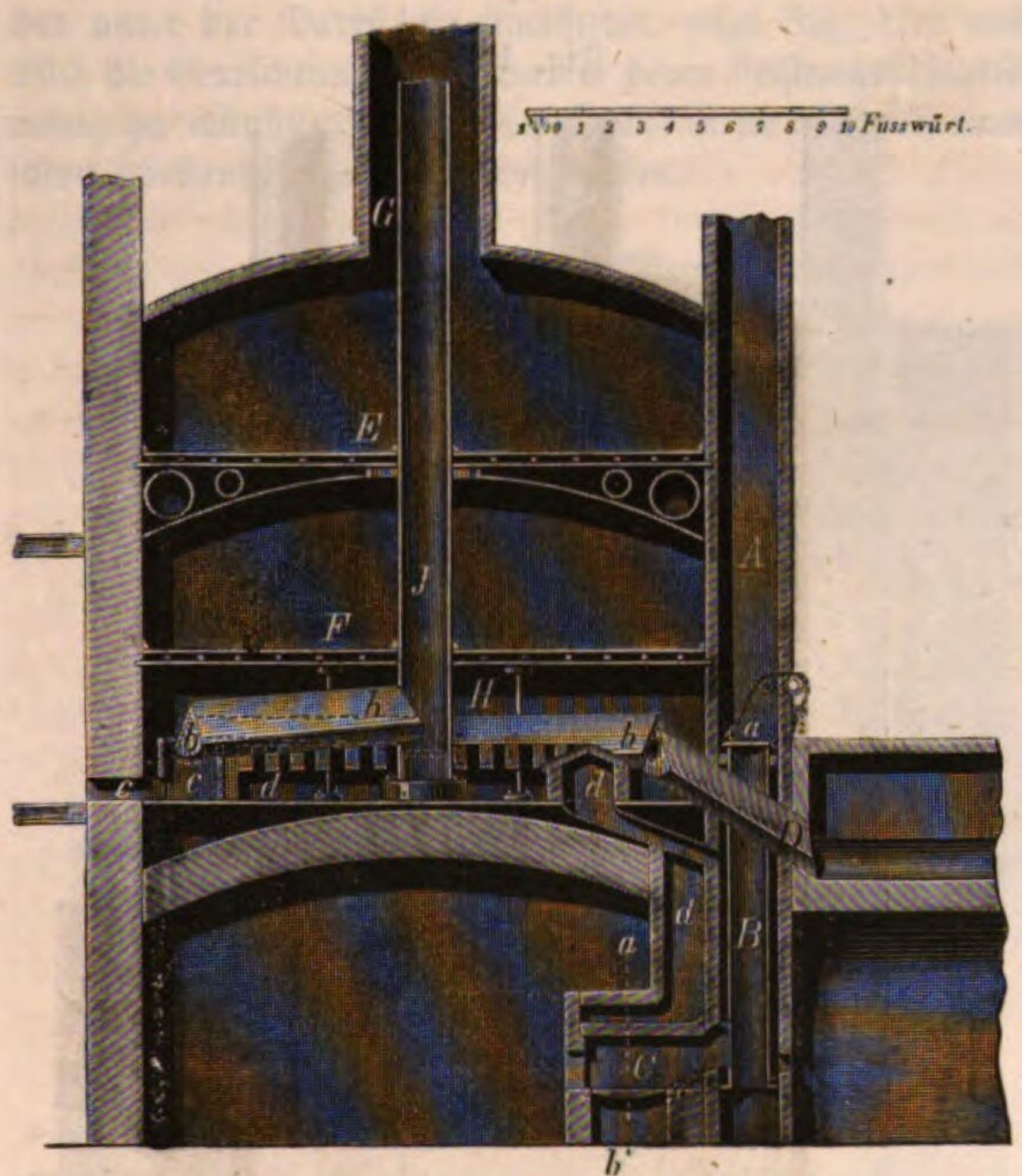
Für alle Biere, welche aus sehr stark gedörrtem Malze bereitet oder ein langes Kochen der Würze nöthig machen, kann man auf solchen Darren bereitetes Malz verwenden; sowohl das stärker gedarrte Malz als auch das längere Kochen ertheilt dem Biere einen so vorherrschenden Geschmack, daß selbst ein geringer Rauchgeschmack dagegen nahezu verschwindet. Man findet deshalb da, wo man die bezeichneten Biere braut, wie dies in England, Holland und in Belgien der Fall ist, solche Rauchdarren auch nicht selten, ihre Herstellung ist die einfachste, billigste und dauerhafteste neben der nicht unbedeutenden Ersparung an Brennmaterial.

Bei den allgemein verbreiteten Luft- oder sogenannten

englischen Darren*), bei welchen nur reine, erwärmte Luft mit dem Malze in Berührung kommt, wird diese entweder aus einer geschlossenen Heizung schon erhitzt unter die Darre geleitet oder die unter der Darrfläche befindliche Luft erst hier durch Rauchcanäle oder Röhren erwärmt. Meist findet man beide Erhitzungsarten mit einander verbunden, indem ein Theil der Luft schon von der Heizung erwärmt unter die Darre gelangt, während die Feuerluft mit dem Rauche in Röhren unter der Darrfläche circulirt, bevor sie durch den Kamin entweicht.

Die Leitung oder Circulation der Rauchröhren direct unter der Darrfläche gewährt zwar nur eine unvollkommene Benutzung der Wärme, weil dem Rauche von der bereits erhitzten Luft unterhalb der Darre kaum noch

Fig. 154.



gemeinschaftliche Kamin A am zweckmäßigsten innerhalb der Brandmauer x aufgeführt. Im Heizraum befindet sich neben dem Schornstein oder Kamin die Heizung für die Darre; sie besteht entweder einfach aus einem größeren Säulenofen oder, wie hier angenommen, aus dem gußeisernen Cylinder B mit einer seitwärts auf feuerfestem Stein hergestellten Heizung C, die unten in den eisernen Cylinder einmündet.

In denselben Cylinder tritt auch das abgehende Feuer von der Pfanne durch den Canal D, nachdem dasselbe zuvor unter dem meist zwischen den Pfannen, aber erhöht, unterstellten Wasserbehälter fortgeleitet wurde.

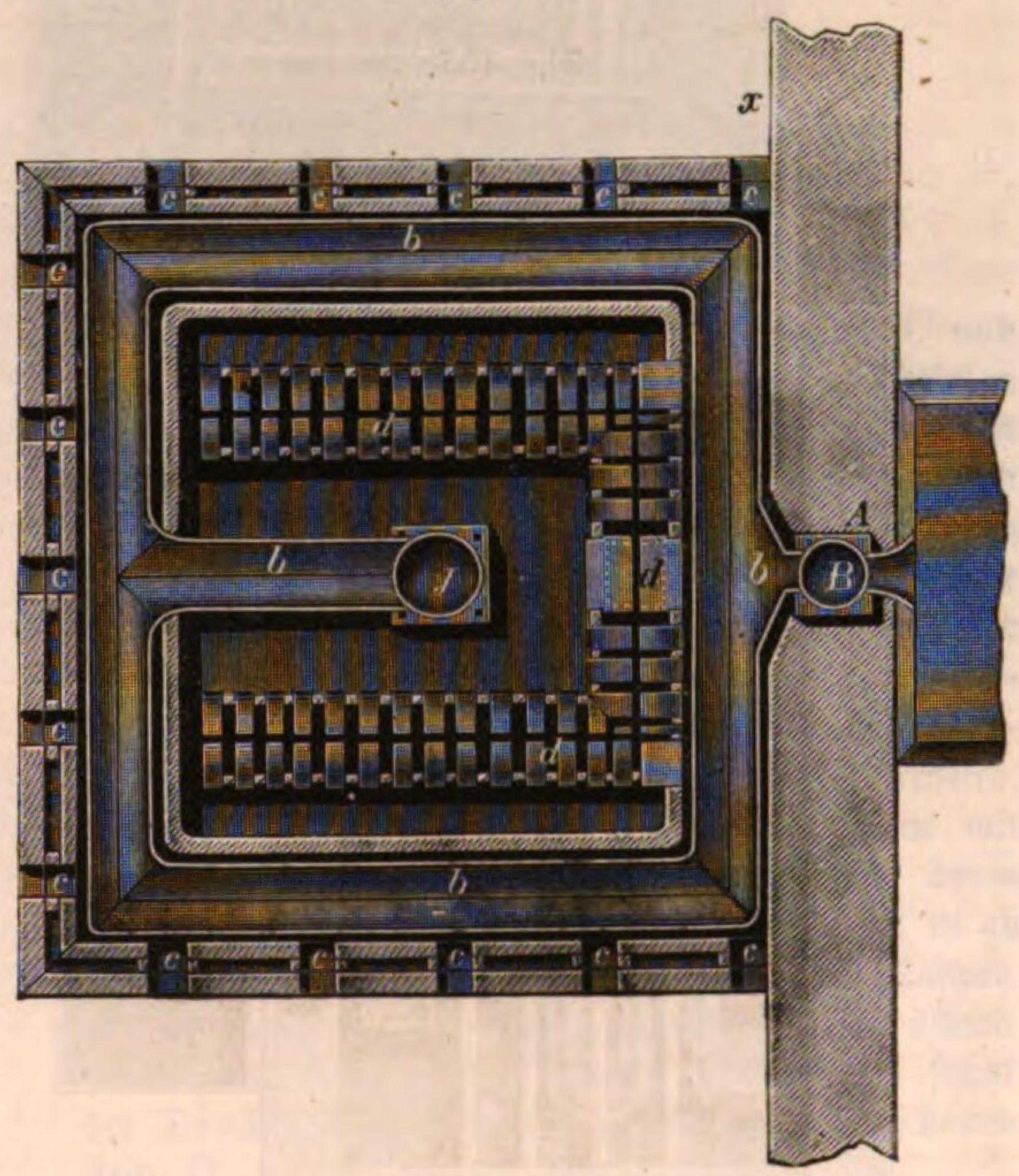
In diesem Canale D ist die Klappe a angebracht, die es möglich macht, das Feuer beliebig in den Cylinder B oder direct in den Kamin A zu leiten. Der Cylinder B ist oberhalb geschlossen und in seiner ganzen Höhe mit einem Mantel von Steinen in einem Abstande von

*) Die Bezeichnung „englische Darren" ist eine ganz falsche, da solche Darren in England bis jetzt selten angewandt werden.

Wärme entzogen werden kann; dagegen macht sie am leichtesten eine gleichmäßige Erhitzung der Darrfläche möglich. In den Brauereien werden die Darren durch die von den Kesseln oder Pfannen abziehende Feuerluft geheizt, indem man diese durch jene Röhren leitet. Außer der Pfannenheizung ist dann aber noch eine besondere Darrfeuerung vorhanden, im Fall jene zu völligen Ausdörren des Malzes nicht genügen sollte.

Man findet die Einrichtung je nach den Localitäten auf verschiedene Weise ausgeführt. Eine derartige Darranlage zeigt Fig. 154 im Grundriß und Fig. 155 im Aufriß oder Durchschnitt. In der Mitte zwischen den Schüröffnungen der zwei Pfannenfeuerungen, wie man sie in den meisten größeren Brauereien trifft, steht der

Fig. 155.



4 bis 5 Zoll umgeben; ein eben solcher Mantel umgiebt auch den gemauerten Ofen C, um jeden äußeren Wärmeverlust zu verhüten und heiße Luft für die Darre zu gewinnen.

Diese befindet sich in der Regel und wie hier angenommen oberhalb des Heizraums. Es ist dieses eine sogenannte Doppeldarre mit zwei Darrflächen über einander. Die Darrräume sind ganz geschlossen und von der Mitte der oberen Darre aus führt der Schlauch die feuchte Luft ab.

Der Raum unterhalb der leeren Darrfläche enthält die Heizröhren und die verschiedenen Canäle für Zuleitung von kalter und warmer Luft. Die Heiz- oder Rauchröhren bb gehen von dem Cylinder B aus und zwar nach den zwei entgegengesetzten Seiten, von wo sie, wie in dem Grundriß ersichtlich, bis zur Mitte der Darre in aufsteigender Richtung geführt werden; hier vereinigen sie sich in dem Kamin J, der durch die Mitte der beiden Darrflächen in dem Dampfschlauche G emporsteigt und durch seine Wärme den raschen Abzug

der Feuchtigkeit von der Darre befördert. Die etwa 2 bis gegen 3 Fuß weiten Rauchröhren *b* erhalten die beistehende Form (Fig. 156 im Querdurchschnitt), und ruhen am geeignetsten auf den sogenannten kalten Zügen, *c*, durch welche der Darre von außen kalte Luft zugeführt wird.

Fig. 156.



Die Züge werden einfach durch die Aufführung zweier parallellaufender halbfüßiger Mauern hergestellt, deren Weite oder Entfernung etwa 2 bis 3 Zoll mehr beträgt als die Weite der Röhren, so daß die Luft seitwärts austreten kann. Zur Unterlage für die Röhren dienen eiserne Träger, die auf den Zügen der Seitenmauer liegen. Mit dem Aufsteigen der Röhren erhalten diese Züge auch eine entsprechende Erhöhung, doch führt man dieselben nur unter der den Seitenwänden der Darre zunächstliegenden Röhre auf, wo diese am heißesten sind, und verhütet dadurch eine zu starke Erhitzung des Malzes durch dieselben.

Die übrigen Röhren in der Mitte der Darre erhalten eine entsprechende Anzahl freistehender Pfeiler zu ihrer Unterstützung. Die am Darrofen und Cylinder erwärmte Luft wird aus dem oberhalb ganz abgeschlossenen Mantel durch Canäle *dd* in der Mitte der Darre möglichst gleichmäßig vertheilt, und dies dadurch erreicht, daß man den Canälen oberhalb mit der Entfernung vom Mantel oder Ofen immer größere Oeffnungen oder Schlitze giebt.

Eine andere Darranlage, wobei die Heizröhren nicht unmittelbar unter der Darrfläche liegen und die Darrfeuerung nicht nur in die Rauchröhren, sondern auch direct unter die Darrfläche zu leiten ist, zeigt Fig. 157 im Grundriß nach der Linie *u v* in der Höhe der Rauchröhren und Fig. 158 im Querschnitt nach der Linie *x y*.

Fig. 157.

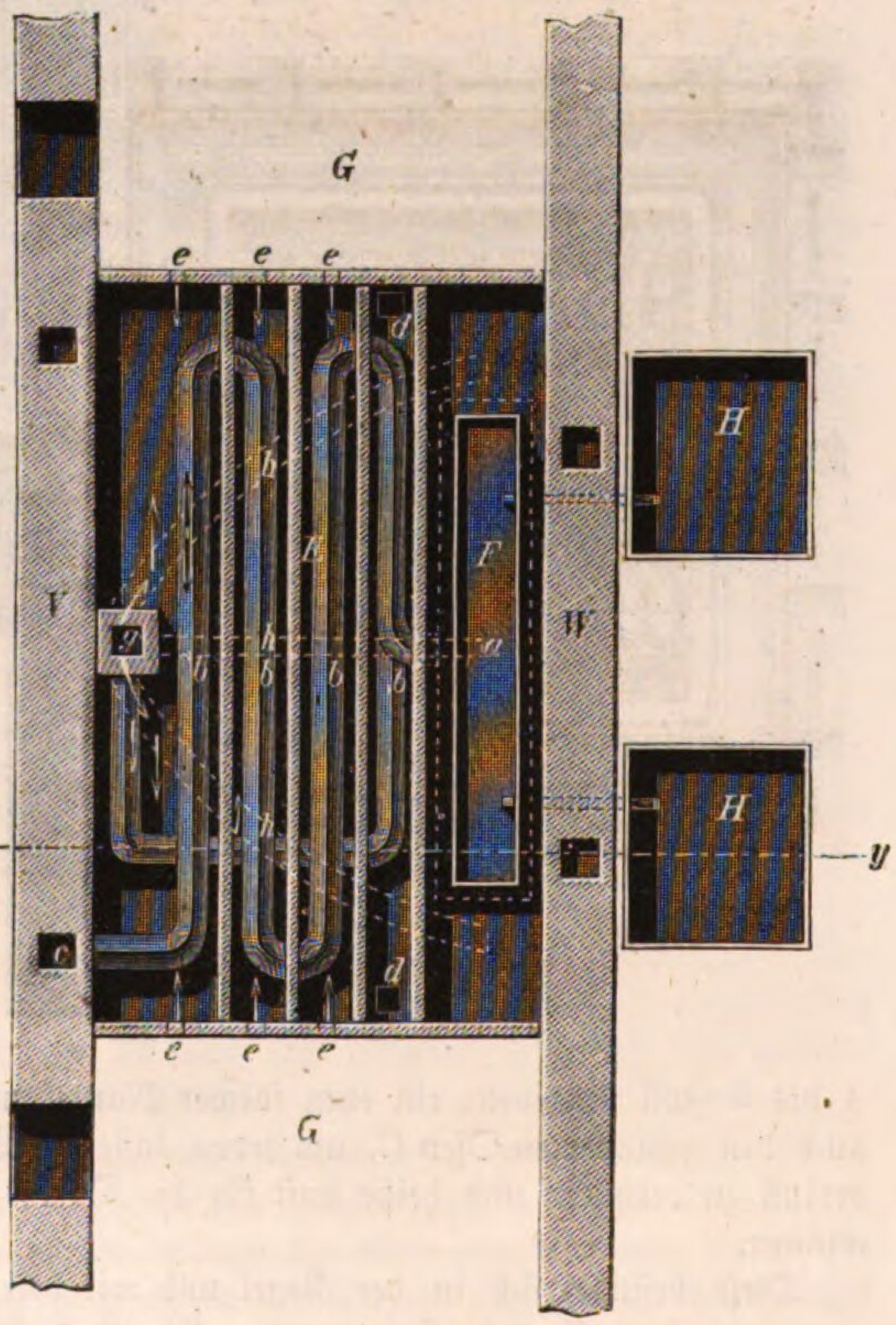
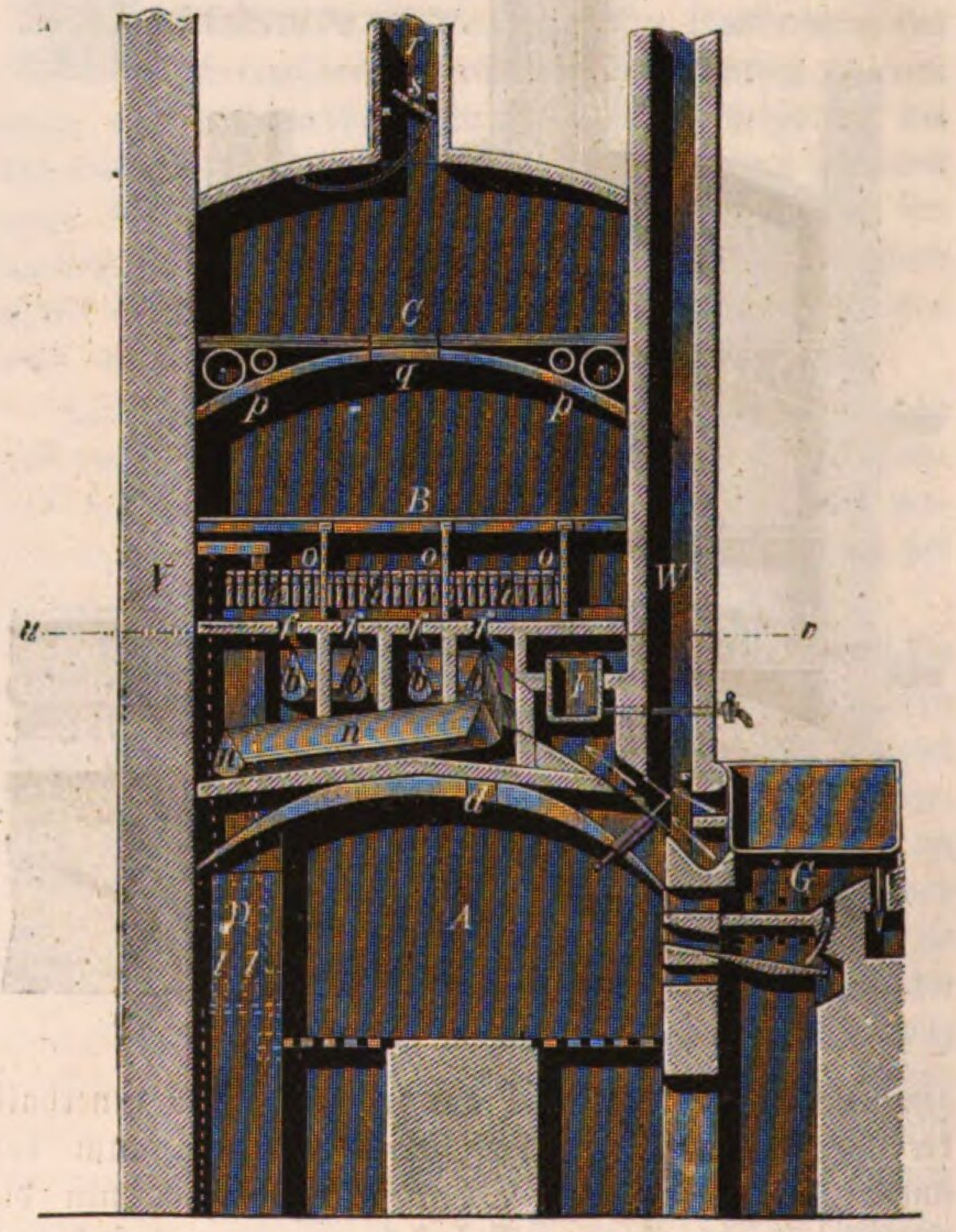


Fig. 158.



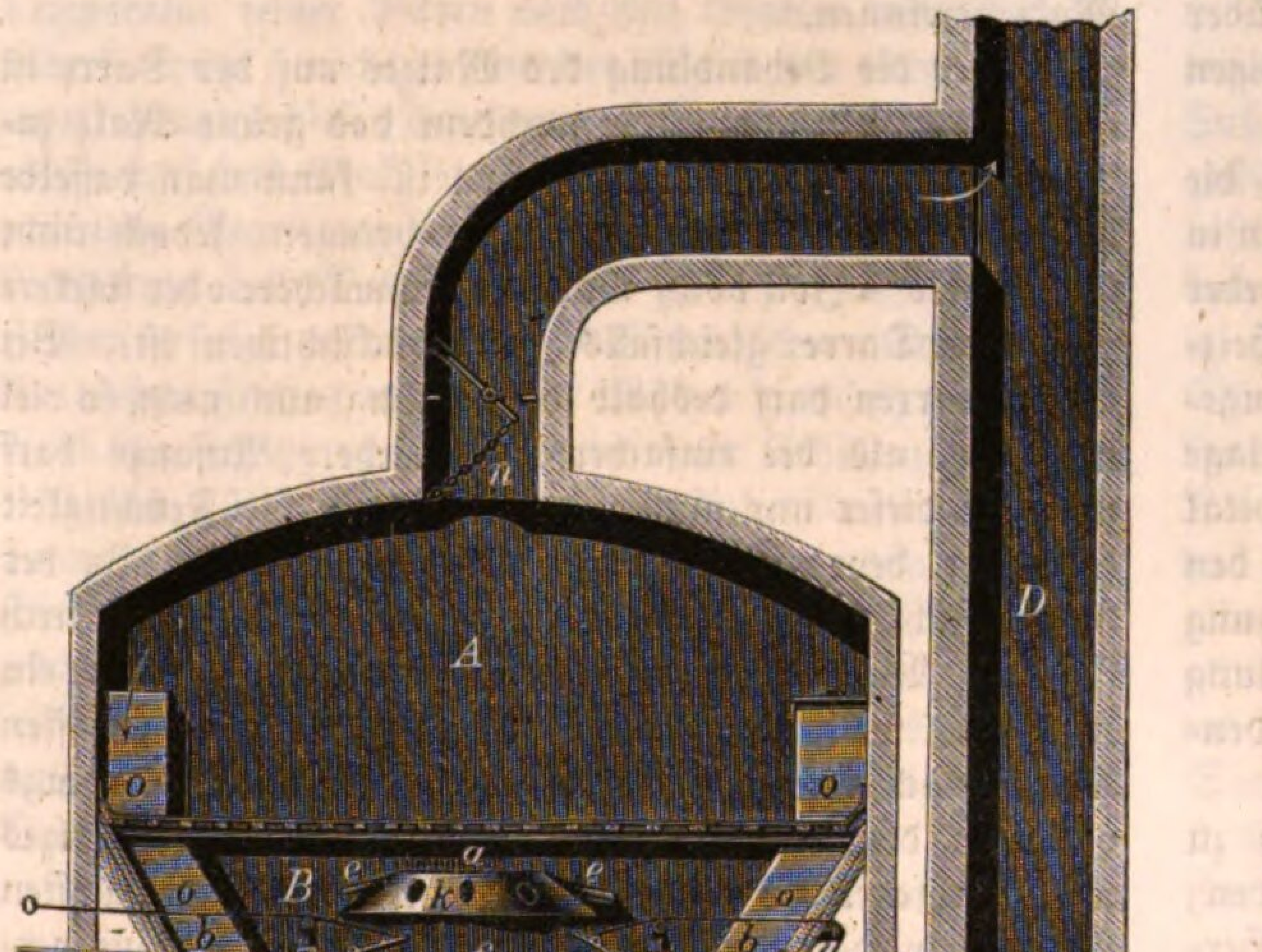
Die beiden Wände *V* und *W* schließen den Heizraum *A* ein, über welchem sich die Darre befindet. Diese besteht aus den beiden Darräumen *B* und *C*, der Wärmekammer *E* und der Darrfeuerung *D*. Im Grundriß bezeichnet *F* die Vorwärmpfanne, *HH* die beiden Braupfannen nebst Feuerung im Durchschnitt. Der Canal *a* führt die von den Pfannen abgehende Hitze, nachdem sie den Vorwärmer berührt, in die Heizröhren *bb*..., die den Rauch in den Kamin *c* leiten. Die Abtheilungen, worin die **heißeren** Röhren liegen, erhalten ihre Luft durch die Oeffnungen *dd* aus dem Heizraume *A*, wo jene durch die verschiedenen Feuerungen zum Theil schon erwärmt ist. Die übrigen Abtheilungen erhalten dagegen ihre Luft durch die Oeffnungen *ee*... aus den kälteren Räumen *GG*. Die von den Röhren erhitzte Luft steigt durch die Oeffnungen *ff*... unter die Darrfläche von *B*. Aus der oberen Darre wird die feuchte Luft durch den Schlauch *r*, der unten mit einer verschließbaren Klappe *s* versehen ist, abgeleitet. Reicht die abgehende Hitze von den Pfannenfeuerungen nicht hin, so wird in dem eigentlichen Darrofen *D* noch ein Feuer unterhalten, von welchem die Feuerluft durch den Canal *g* und durch die Vertheilungscanäle *hh* direct unter die Darrfläche zu leiten ist.

Diese Vertheilungscanäle werden in ähnlicher Weise hergestellt, wie bei der vorigen Darre angegeben, um eine möglichst gleichmäßige Vertheilung zu bewirken. Die Feuerung des Darrofens *D* erhält zur Erlangung einer vollständigen Verbrennung die in Fig. 153 angegebene

Einrichtung. In dem Canale g ist ein Schieber angebracht, wodurch der Zutritt nach oben geschlossen und die Feuerluft durch das Rohr n in die Heizröhren bb... zu leiten ist, im Fall die Darre ohne Benutzung der Pfannenfeuerung, oder wenn diese nicht im Betriebe sind, geheizt werden soll. Man kann durch diese Einrichtung die Darre sowohl mit direct zutretender Feuerluft, als auch mit reiner, erhitzter Luft heizen. Letzteres ist zu empfehlen, so lange das Malz auf der Darre noch feucht, das Malz nimmt dann leichter den Geschmack des Rauchs an, wogegen dieser dem bereits getrockneten Malze weit weniger schadet.

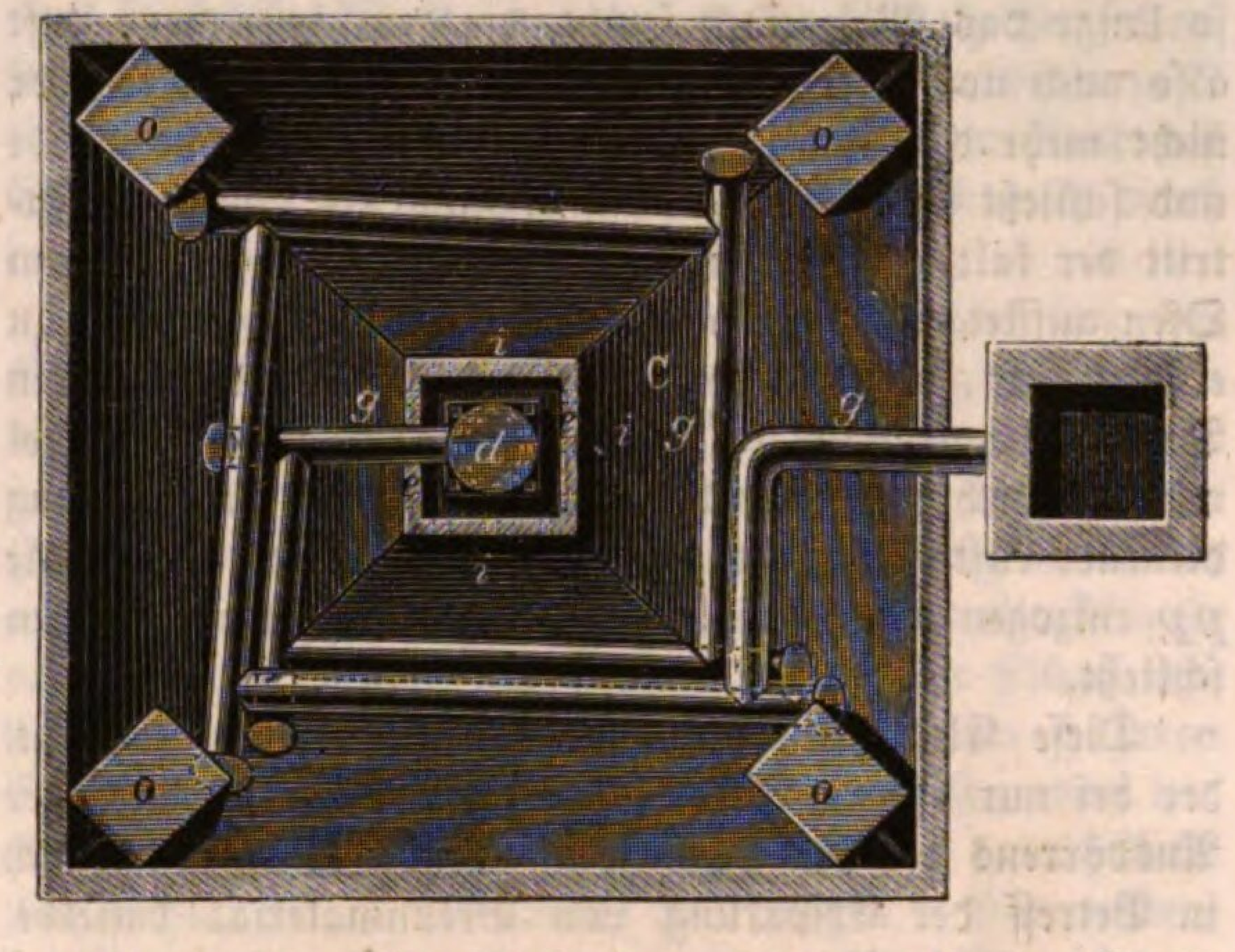
Für die Herstellung des Malzes in sogenannten Malzfabriken, wo man in der Regel keine Nebenfeuerungen für die Darre benutzt, und zur Veranschaulichung einer Einrichtung, wobei die Erhitzung der Luft nicht unmittelbar unter der Darrfläche stattfindet, zeigt Fig. 159 und 160 die Einrichtung einer Darre, deren Leistungsfähigkeit wenig zu wünschen übrig läßt. Dabei ist sie leicht bei einer schon vorhandenen Darre herzustellen.

Fig. 159.



A ist hier der Darrraum, a die Darrfläche; der Raum unterhalb derselben verjüngt sich trichterförmig nach unten und wird durch den Plattenboden b getheilt, wovon der obere Theil B die Vorrichtung zur Vertheilung der erwärmten Luft, der untere C aber die Heizung umschließt. Das Feuer brennt hier in einem spitzzugewölbten Raume c oben mit einer kleinen vierzölligen Oeffnung bei einer Heerdfläche von 4 Quadratfuß. Diese Oeffnung mündet unten in einem eisernen Ofen d von einfacher Cylinderform. Derselbe ist auf 4 Zoll Abstand von einem Steinmantel umgeben, welcher zur Oeffnung f unter den Plattenboden b reicht und sich hier dicht anschließt. Vom Heizcylinder oder Ofen d geht das Rauchrohr g

Fig. 160.



durch den Mantel in den äußeren Raum C und circulirt hier, bis es in den seitwärts befindlichen Schornstein D den Rauch abführt. Die äußere Luft tritt durch die Oeffnungen hh in den Raum C und kommt hier mit den Rauchröhren zunächst in Berührung, wodurch sie schon vorgewärmt durch die Oeffnungen ii in den Ofen d gelangt und von hier stärker erhitzt durch die Oeffnung f unter den Blechschirm k gelangt; von hier wird sie durch die Rohrstücke c unter der Darrfläche gleichmäßig vertheilt; gleichzeitig wird sie aber unter dem Schirme mit kälterer Luft aus dem Raume C vermischt, deren Zutritt durch die verschließbaren Oeffnungen m zu reguliren ist. Diese Oeffnungen sind mit Klappen versehen und dadurch von außen beliebig zu öffnen oder zu schließen. Aus dem Darrraume A führt der Dunstschlauch n die feuchte Luft in den Schornstein D.

Statt der hier nur angenommenen einfachen Darrfläche können bei derselben Einrichtung auch zwei Darrflächen über einander angebracht werden. Die Ableitung der feuchten Darrluft in den Schornstein bewirkt den für eine Doppeldarre nöthigen schärferen Zug eben so gut wie die in Fig. 155 angegebene Einrichtung und findet, da sie einfacher herzustellen ist, in neuester Zeit mehr Eingang, nachdem sie schon vor 20 Jahren von mir als zweckmäßig empfohlen wurde*).

Die hier angegebene Darre zeigt aber noch eine weitere Einrichtung, wodurch es möglich wird, nach völlig erlangter Trockenheit des Malzes die durchstreichende Luft nochmals dem Feuer zuzuleiten, um stärker erhitzt aufs Neue mit dem Malze in Berührung zu kommen. Es wird durch diese Einrichtung der Wärmeverlust vermieden, wie dies durchs Entweichen der nur unbedeutend mit Feuchtigkeit vermischten Luft, bei

*) Beschreibung der Hohenheimer Malzdarre in Nr. 8 des Hohenheimer Wochenblatts vom Jahre 1843.

einer Darrfläche beim Rösten oder Ausdörren der Fall ist. Zu dieser doppelten Benutzung der Luft führen von den vier Ecken der Darre aus dem oberen Darrraume *A* die Schläuche *oo* in den unteren Raum *C* und können zu diesem Zwecke durch dicht schließende Klappen beliebig geöffnet oder geschlossen werden. Letzteres ist der Fall, so lange das Malz noch feucht, die durchgestrichene Luft also auch noch viel Feuchtigkeit enthält; sobald dies aber nicht mehr der Fall ist, öffnet man die Schläuche *oo*... und schließt sowohl den Dunstschlauch als auch den Zutritt der kalten Luft durch die Oeffnungen *hh*. Die am Ofen auffsteigende Luft wird dann nur durch die Luft zu ersetzen sein, welche durch die Abzüge *c* aus dem oberen Darrraume *A* nach *C* gezogen wurde. Dieser Wechsel wird dadurch noch vermehrt, daß hier die zur Verbrennung dienende Luft gleichfalls dem Raume *C* durch die Canäle *pp* entzogen wird, sobald man den Aschenfall nach außen schließt.

Diese Einrichtung läßt den Wärmeverlust verhüten, der bei nur einer Darrfläche während des Röstens oder Ausdörrens des Malzes eintritt; die Darre leistet dadurch in Betreff der Ersparung von Brennmaterial dasselbe, was durch die Anwendung von zwei Darrflächen über einander bezweckt wird, deren Herstellung der nöthigen Höhe wegen nicht überall möglich wird.

Die sogenannten Dampfdarren, bei welchen die Erhitzung der Luft durch Wasserdampf erfolgt, den man in geschlossenen gußeisernen oder kupfernen Röhren entweder unter der Darrfläche selbst oder in einem besonderen Heizraume circuliren lassen könnte, werden wohl selten angewandt, weil die Heizung derselben sowohl in der Anlage als Unterhaltung durch größeren Aufwand an Capital und Brennmaterial eine theure sein wird, obgleich sie den Vortheil gewähren würde, daß dabei eine Ueberhitzung des Malzes nicht zu befürchten stände; für die Herstellung eines schwach oder blaß gedörrten Malzes wären sie jedenfalls geeignet.

In England, wo solche Dampfdarren angeblich zu Haus sein sollen, konnte ich dieselben nicht auffinden; statt derselben fand ich zu gleichem Zwecke oder zur Herstellung eines sehr blassen Malzes das uranfängliche Dörren oder Trocknen auf erwärmten Steinplatten. Eben so wenig hat bis jetzt das vielversprechende Trocknen des Malzes in erwärmten und luftverdünnten Behältern oder Cylindern eine praktische Anwendung gefunden.

Was nun die nöthige Größe und Leistung der beschriebenen Darreinrichtungen betrifft, so richtet sich diese nach der Art und Menge des zu bereitenden Malzes. In Baiern gilt als Regel, daß die Darrfläche den vierten Theil der Haufentenne haben müsse. Bei zweckmäßiger Einrichtung können auf 100 Quadratfuß Darrfläche täglich 400 Pfund getrocknetes Malz gewonnen werden, wenn die Darre täglich ein Mal abgeleert wird, und 600 Pfund, wenn binnen 24 Stunden zwei Dörrungen gemacht werden. Je schwächer man heizen darf oder je blasser das Malz werden soll, desto geringer ist die Leistung der Darrfläche. Bei der Einrichtung mit zwei Darrflächen über einander kann man das Darren ohne Nachtheil so beschleunigen, daß man auf 100 Quadratfuß täglich 900 Pfund trocknes Malz erhält.

Der Aufwand an Brennmaterial zum Darren ist sehr verschieden. Er ist zunächst abhängig von der Einrichtung der Darre; je mehr bei dieser eine vollständige Entwicklung und Benutzung der Wärme erreicht wird, desto geringer ist jener Aufwand; dann bedingt aber auch die bereits erlangte Trockenheit des Malzes die Leistung der erzeugten Wärme; man wird mit einem Pfunde Holz drei Pfund Wasser aus dem Malze verdampfen, wenn dieses noch feucht auf die Darre kommt und nur langsam geheizt wurde, während bei gut abgewelktem Malze und stärkerer Heizung, wie es meist geschieht (auf einfacher Darrfläche) ein Pfund Holz kaum ein Pfund Wasser verdampft; es zeigt dies die Zweckmäßigkeit einer Doppeldarre, wobei die Luft stets mit mehr Feuchtigkeit gesättigt entweicht. Bei einfacher Darrfläche und zweckmäßiger Heizung kann man als durchschnittlich annehmen, daß zur Gewinnung von 100 Pfund trocknem Malze 25 Pfund trocknes Holz erforderlich sind, wenn das Malz vor dem Darren etwa die Hälfte seines Gewichts an Feuchtigkeit enthielt. Durch die Anwendung von zwei Darrflächen, wobei die obere mit dem feuchteren Malze bedeckt ist, will man ein Drittel an Brennmaterial ersparen oder mit demselben Brennmaterial um die Hälfte mehr trocknes Malz gewinnen.

Ueber die Behandlung des Malzes auf der Darre ist Folgendes anzuführen: Je nachdem das grüne Malz zuvor auf der Schwelke abgetrocknet ist, kann man dasselbe höher oder flacher auf die Darre bringen, jedoch nicht über 3 bis 4 Zoll hoch, wobei der schwächere oder stärkere Zug der Darre gleichfalls zu berücksichtigen ist. Bei Doppeldarren darf deshalb die Füllung auch nicht so viel betragen, als bei einfacher Darrfläche. Anfangs darf man bei dieser nur mäßig heizen, damit die Feuchtigkeit entweicht, bevor eine stärkere Erhitzung eintritt. In der Regel sucht man die Entfernung der Feuchtigkeit durch fleißiges Wenden zu befördern; es ist dies jedoch ein Irrthum, weil man durchs Wenden die oberen nassen Körner nach unten bringt, wo sie ihre Feuchtigkeit allerdings verlieren, diese aber in den oberen Schichten des Malzes wieder absetzen, so daß dieselbe Feuchtigkeit beim nächsten Wenden wieder nach unten kommt, um aufs Neue verdampft und in den oberen Schichten des Malzes wieder condensirt zu werden. Ein rascher Luftwechsel trägt am meisten dazu bei, die Feuchtigkeit rasch zu entfernen. Einige Brauer vermeiden jedoch anfangs einen starken Luftwechsel und lassen das Malz bei geschlossenem Abzugscanal und mäßiger Heizung einige Zeit liegen, damit es auf der Darre nochmals recht schwitze oder dämpfe, um seine Süßigkeit und Lockerheit dadurch zu vermehren. Es ist dies aber nur für den Fall zu empfehlen, wenn man lauter gesunde, das heißt gewachsene und nicht zertretene Körner auf die Darre bringt. Bei allen nicht gewachsenen und beschädigten Körnern befördert eine Verzögerung des Trocknens die so schädliche Säuerung derselben und macht ein solches Malz zur Bereitung von Lagerbier, namentlich wenn dies nicht sehr stark ist, weniger geeignet; weshalb man auch für solche Biere, wie es die baierischen sind, ein rasch getrocknetes Malz vorzieht.

Die Temperatur ist auf der Darre jedenfalls nur allmälig zu steigern und darf vor Entfernung der Feuchtigkeit 62° C. im Malze nicht übersteigen. Als prak-

tisches Kennzeichen ist dabei anzunehmen, daß man die Darre bis zum völligen Abtrocknen des Malzes nicht stärker heize, als es möglich bleibt, die eiserne Darrfläche mit der flachen Hand anhaltend zu berühren.

Als völlig trocken ist das Malz aber zu bezeichnen, sobald sich die Keime leicht abreiben lassen. Wird die Temperatur erhöht, so lange noch Feuchtigkeit in den Körnern enthalten ist, so erfolgt ein Zerplatzen der Stärkekügelchen und es bildet sich sogenannter Kleister, der später zu einer hornartigen Masse erhärtet, und das Malz enthält dann viel sogenanntes Stein- oder Glasmalz. Solches Malz wird später nicht vollständig gelöst und verursacht eine rasche Säuerung, sowie ein schlechtes Ablaufen oder eine verzögerte Trennung der Würze von den Trebern.

Nach dem Verschwinden der Feuchtigkeit ist die Heizung je nach der Art des zu erzeugenden Bieres mehr oder weniger zu steigern. Bei dem zum baierischen Biere bestimmten Malze hat man die Temperatur im Malze auf 125 bis 150° C. zu erhöhen, um möglichst viel Röstgummi zu erzeugen. Diese hohe Temperatur wird in der Regel von dem Brauer in Abrede gestellt, weil er die Temperatur seiner Darre nach den Graden des Thermometers schätzt, welches an der Wand im oberen Darrraum hängt; diese Temperatur ist aber nicht dieselbe, welche auf das Malz einwirkt. Auch hier kann man als praktische Regel angeben, daß die eiserne Darrfläche zum Ausdörren des Malzes so stark zu erhitzen ist, daß ein Zischen erfolgt, wenn ein Wassertröpfchen darauf fällt. An diesem Zischen erkennt der Mälzer ziemlich genau den Grad der Erhitzung, indem es bei einer Erhitzung zwischen 140 bis 150° C. eintritt. Bei Ueberschreitung dieser Temperatur erfolgt ein hörbares Zerspringen von einzelnen Körnern. Die Temperatur, bei welcher das Malz ausgedörrt wird, bedingt nicht nur die Farbe und den Geschmack des Bieres, sondern auch seine größere oder geringere Haltbarkeit, und dies läßt die Wichtigkeit dieser Operation erkennen.

Die übliche Angabe, wonach eine Temperatur

von 45 bis 48° R. eine dunkelgelbe,
„ 49 „ 51° R. eine bernsteingelbe,
„ 52 „ 55° R. eine hellbraune,
„ 56 „ 58° R. eine dunkelbraune

Farbe des Bieres liefert, ist um so weniger maßgebend, als auch die Zeitdauer der Einwirkung einer gewissen Temperatur einen sehr merkbaren Einfluß zeigt. Ferner bedingt die Menge der in dem Malze noch enthaltenen Feuchtigkeit bei seiner stärkeren Erhitzung eine stärkere oder schwächere Färbung, indem die Röstproducte des bei der Gegenwart von Feuchtigkeit gebildeten Kleisters oder Dextrins eine weit dunklere Färbung bewirken, als die Röstproducte des zuvor getrockneten Stärkemehls oder des karamelisirten Zuckers. Auch das entstehende Röstaroma ist hiernach ein sehr verschiedenes bei ein und derselben Temperatur. Je weniger das Darren durch eine stärkere Heizung zu beschleunigen ist, desto sicherer vermeidet man den Nachtheil einer zu starken Heizung und man wird deshalb bei dem langsamen Darren leichter ein gutes Malz gewinnen.

Gut gedörrtes Malz soll den eigenthümlichen angenehmen Malzgeruch besitzen, die Körner sollen nicht zusammengeschrumpft, sondern glatt und bauchig sein und deshalb auch beim Zusammendrücken leicht durch die Finger gleiten, einen guten Griff haben. Sie sollen im Wasser aufrecht schwimmen, nicht auf den Boden sinken und hier platt liegen. Die Körner müssen so locker sein, daß man sie leicht zerreiben kann, wobei sie ein weißes oder blaßgelbes Mehl (zum baierischen Bier) zeigen sollen. Je süßer das Malz schmeckt, in desto höherem Grade wird es die angeführten Eigenschaften besitzen. Der Grad des Dörrens oder die erlangte Färbung giebt sich auch durch die Farbe der Malzkeime zu erkennen.

Unmittelbar nach dem Darren ist die Trennung der Keime vorzunehmen, weil diese schnell Feuchtigkeit anziehen und dann schwerer abzusondern sind. Statt des jetzt noch üblichen Tretens, wobei vom guten Malz viele Körner zerstört werden, verwendet man zur Entfernung der Keime eine etwas geneigt liegende Siebtrommel, worin eine Flügelwelle gedreht wird, die an den Enden der Flügel mit Bürsten versehen ist. Das Malz gelangt am höheren Ende in die Trommel und, durch die Bürsten von den Keimen getrennt, am unteren Ende auf eine gewöhnliche Putzmühle, um es vollständig zu reinigen. Eine andere in Würtemberg und Baiern gebräuchliche Vorrichtung besteht aus einer drehbaren Siebtrommel von 8 bis 10 Fuß Länge und 3 Fuß Durchmesser mit einer 8- bis 10-zölligen Achse von Holz, die mit aufgehauenem Eisenblech beschlagen ist. Das oberhalb zugeführte Malz wird beim Drehen der Trommel durch innen angebrachte Leisten so gehoben, daß es beim Niederfallen auf das scharfe Eisenblech fällt, wodurch sich die Keime abstoßen. Die Vorrichtung ist einfacher und dauerhafter als die mit Bürsten. Andere wenden Vorrichtungen an, wodurch das Malz stark gerieben und dadurch zugleich auch von allen Unreinigkeiten besser befreit wird, worauf mit allem Recht ein großer Werth zu legen ist. Die Keime müssen entfernt werden, weil sie das Bier trübe und zum Sauerwerden geneigt machen. Ihre Menge beträgt gegen 3 Proc. des Malzgewichts, sie dienen als nahrhaftes Futter oder als Dünger, da sie stickstoffreich sind*).

Zur längeren Aufbewahrung des Malzes dienen am geeignetsten größere, die Luft abschließende Räume, die mit dem Malze gefüllt werden müssen, bevor dasselbe Feuchtigkeit aus der Luft angezogen hat. So von der Luft abgeschlossen, behält das Malz mehr von seinem feineren Aroma, weshalb auch ein frisch gedörrtes Malz ein wohlschmeckenderes Bier liefert, als ein länger an der Luft aufbewahrtes, welches namentlich zu Lagerbier weniger geeignet ist, als das erstere, obgleich es mehr Extract liefert.

Gute Gerste verliert durchs Mälzen etwa 8 bis 10 Proc. ihrer festen Bestandtheile, ohne die 12 Proc. Feuchtigkeit, die in der Gerste enthalten sind und durchs Dörren gleichfalls verloren gehen. Das Malz nimmt aber an der Luft bald etwa die Hälfte jener Feuchtigkeit wieder auf. Sein Volum vermehrt sich je nach der Art des Dörrens um 5 bis 10 Proc., indem das bei höherer Temperatur gedörrte an Volum mehr zunimmt als das nur schwach gedörrte Getreide. Je nach dem Grade des

*) Ihre Verwendung als Futter zeigt sich namentlich vortheilhaft bei der Fütterung von Rübentrebern oder Preßlingen aus den Zuckerfabriken. Sie werden in Würtemberg nicht selten mit 2 Gulden der Centner bezahlt.

Dörrens vermehren sich auch die schon im kalten Wasser löslichen Theile des Malzes um 8 bis 12 Proc.

Mulder giebt nach Oudemanns nachfolgende Zusammenstellung der Bestandtheile:

	Gerste.	Luftmalz.	Schwach gedörrtes Malz.	Stark gedörrtes Malz.
Röstgummi	0,0	0,0	7,8	14,0
Dextrin	5,6	8,0	6,6	10,2
Stärkemehl	67,0	58,1	58,6	47,6
Zucker	0,0	0,5	0,7	0,9
Zellstoff	9,6	14,4	10,8	11,5
Eiweißstoff	12,1	13,6	10,4	10,5
Fett	2,6	2,2	2,4	2,6
Asche	3,1	3,2	2,7	2,7

Nach Balling enthält abgelagertes Darrmalz $^2/_3$ mehliges Korn und $^1/_3$ Hülse und unlösliche Theile; und 100 Gewichtstheile liefern:

60 Gewichtstheile wasserfreies Extract,
7 „ Wasser,
33 „ Treber.

Der eigentliche Brauproceß. Dieser umfaßt:

1) Die Gewinnung der Würze oder lösbaren Theile des Malzes.
2) Das Kochen und Hopfen derselben.
3) Das Abkühlen derselben.
4) Die Gährung derselben.
5) Die Behandlung der gegohrenen Würze oder des Bieres.

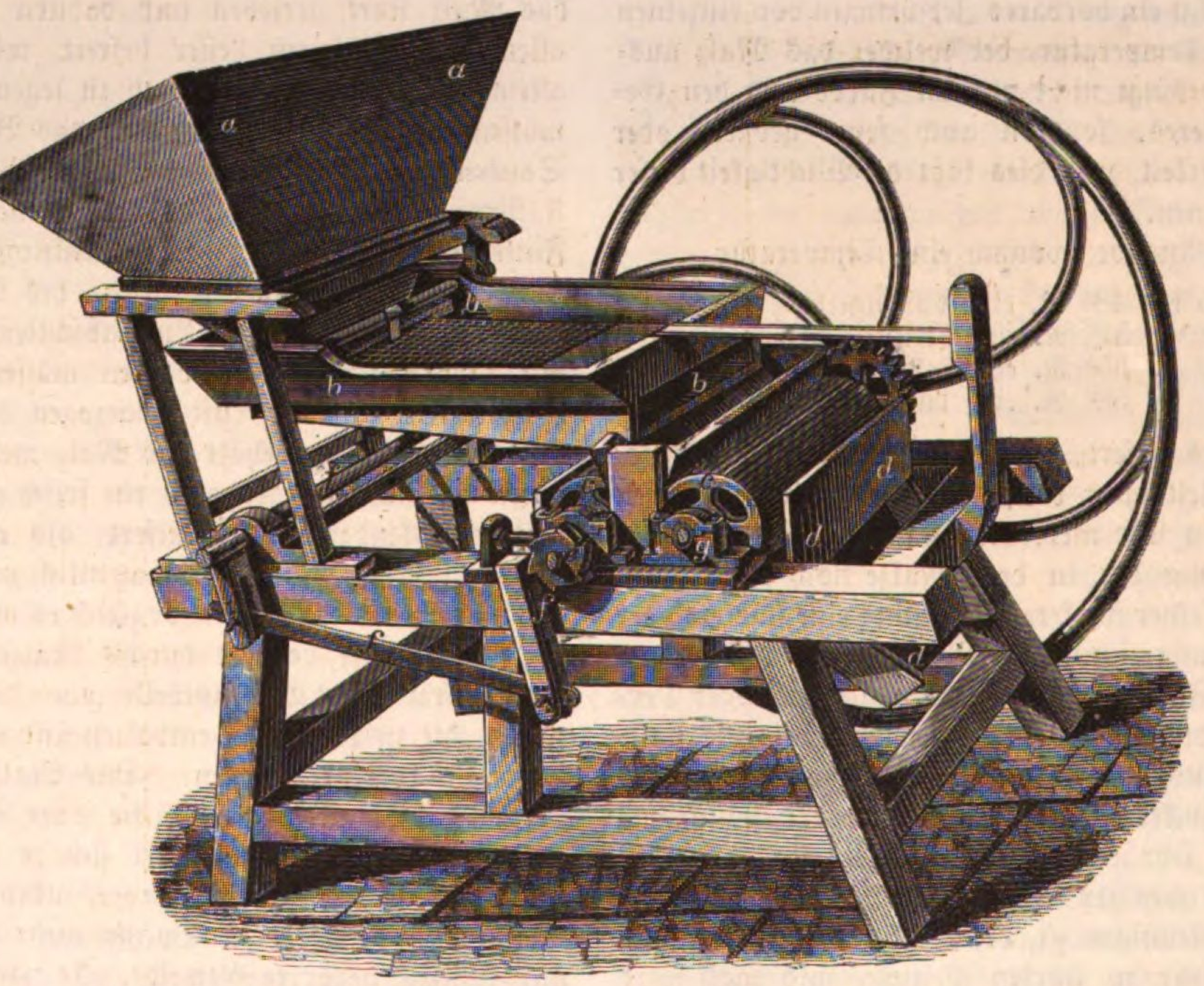
Zur Gewinnung oder Darstellung der Würze müssen nicht allein die im Wasser bereits lösbaren, sondern auch die durch den Maischproceß in Auflösung zu bringenden Bestandtheile des Malzes gewonnen werden. Es macht dies zunächst:

Das Zerkleinern oder Schroten des Malzes nöthig, damit das zur Auflösung dienende Wasser möglichst rasch in innige Berührung mit den zu lösenden Bestandtheilen komme. Es ist dabei aber nicht allein die Lösung, sondern auch eine möglichst rasche und vollständige Trennung der gelösten von den ungelösten Theilen zu erzielen. Um diese Trennung zu erleichtern, darf die äußere Hülse der Malzes nicht fein zerrieben werden, sie muß bei dieser Trennung als Mittel oder Filter dienen, welches die übrigen ungelösten Theile zurückhält und die Würze frei von diesen gewinnen läßt.

Am zweckmäßigsten geschieht die Zerkleinerung mittelst Walzen, wobei der mehlige Kern vollständig zerdrückt, die Hülse aber nicht zerrieben wird. Man erhält dadurch eine lockere Masse, ein Schrot, welches vom Wasser leicht gleichmäßig durchdrungen wird und von welchem die Würze rasch rein abläuft. Die gröbere Hülse der Gerste macht diese für den Maischproceß viel geeigneter als den feinhülsigen Weizen, bei welchem die Trennung der gelösten von den ungelösten Theilen viel schwieriger vollständig zu erlangen ist, wenn dies nicht durch den Zusatz einer hülsenreicheren Frucht erleichtert wird.

Man verwendet zu diesem Schroten des Malzes mittelst Walzen verschiedene Vorrichtungen, theils mit glatten, theils mit feingereiften Walzen. Letztere werden häufiger angewandt, weil die Walzen dazu nur einen geringeren Durchmesser und dadurch weniger Kraft erfordern oder mit demselben Kraftaufwande mehr leisten; zweckmäßiger

Fig. 161.



sind jedoch ganz glatte Walzen, die den Mehlkern vollständiger zerdrücken und die Hülse weniger zerkleinern.

Eine ziemlich verbreitete Vorrichtung mit gereiften Walzen ist die unter dem Namen rheinische Schrotmühle aus der Fabrik von Blumenthal in Darmstadt. Fig. 161 giebt eine Ansicht von derselben.

aa ist der Rumpf zur Aufnahme des Malzes. Als Schuh des Rumpfes dient hier ein Doppelsieb *bb*, wovon

das obere gröbere die Malzkörner durchfallen läßt, während gröbere Verunreinigungen darauf zurückbleiben; das untere läßt den Staub und leichtere Körner durchfallen und führt das so nochmals gereinigte Malz auf die Walzen *cc*, von welchen das Schrot durch die Rinne *dd* abläuft. Der Schuh wird durch die Rüttelvorrichtung *e* und *f* in Bewegung gesetzt.

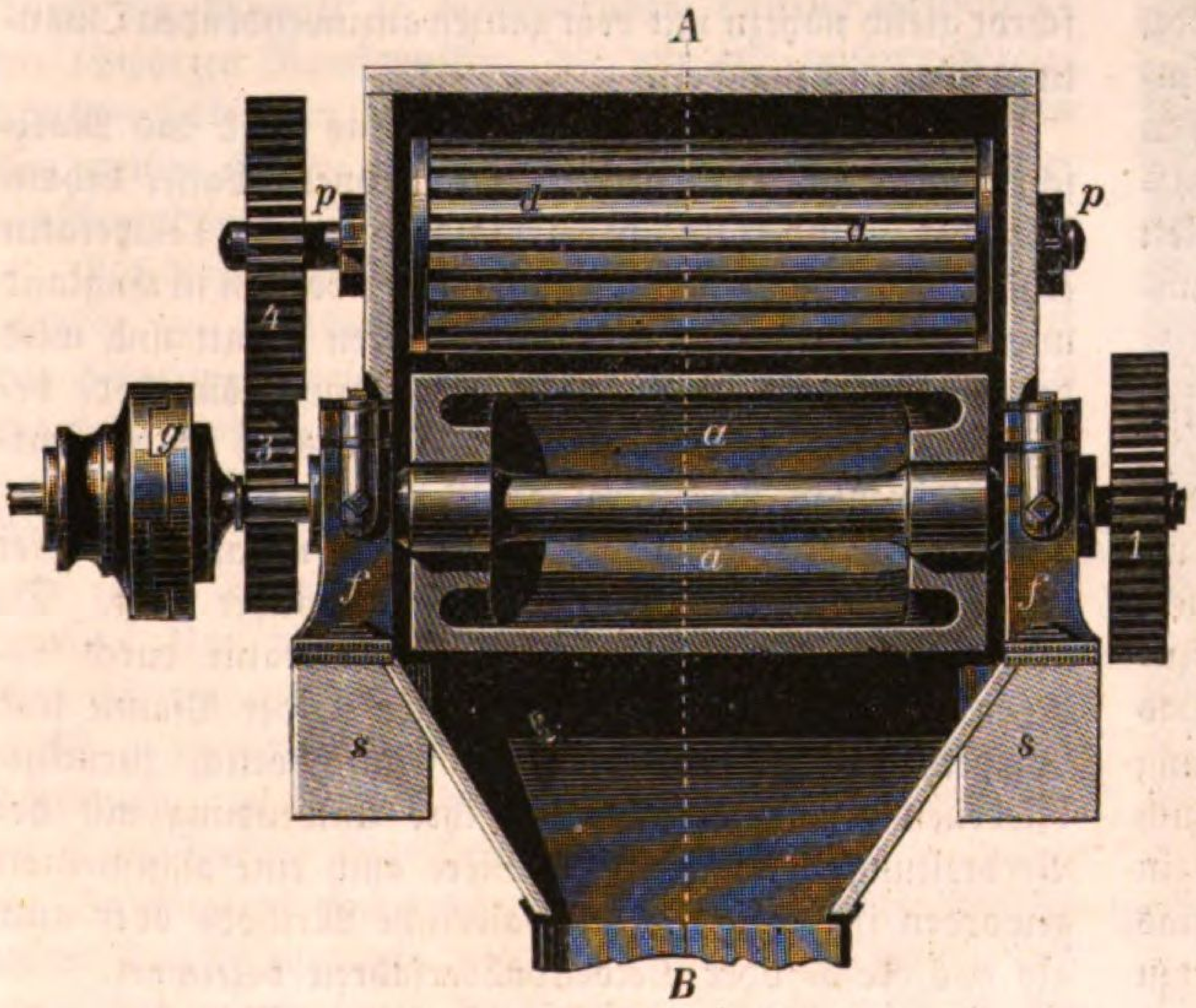
Die Maschine ist sowohl mit der Hand durch Menschenkraft, als durch irgend eine andere Kraft zu treiben und danach wird auch ihre Leistung zu bemessen sein. Kleinere derartige Handmühlen sollen pro Stunde 100 Pfund Malz schroten lassen.

Otto giebt in der 5. Auflage seines Lehrbuchs der landwirthschaftlichen Gewerbe die Zeichnung einer belgischen Malzquetsche, welche sehr empfehlenswerth erscheint, weshalb wir sie hier geben, wie sie dort beschrieben:

Fig. 162 Durchschnitt nach der gebogenen Linie *CDEFG* der Fig. 163; Fig. 163 Durchschnitt nach *AB* der Fig. 162. Gleiche Buchstaben für gleiche Theile.

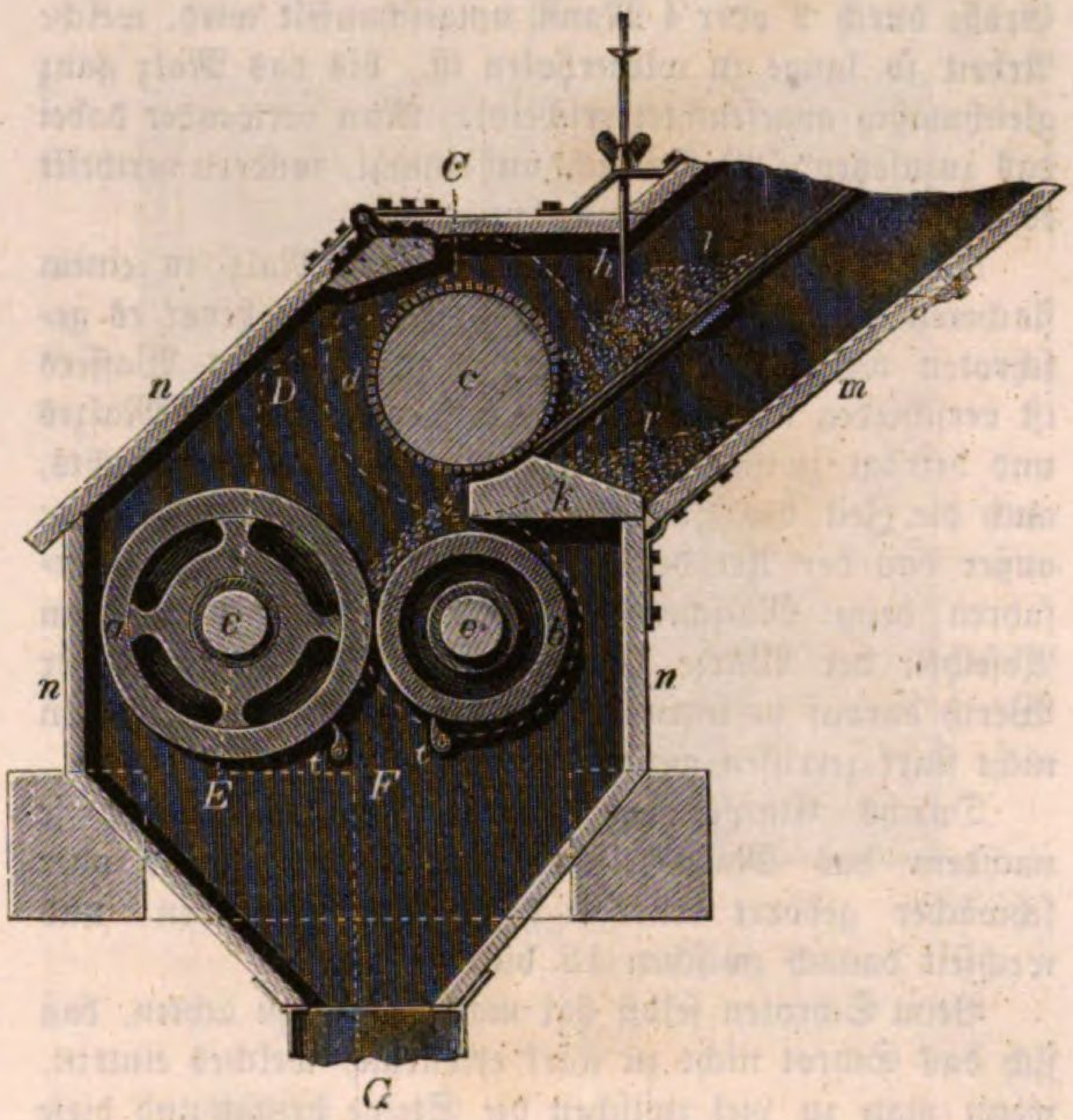
ab abgedrehte Walzen aus Gußeisen, welche durch die zwei Schrauben *oo* einander genähert und von einander entfernt werden können, die Quetschwalzen. *c* Walze von Holz, im Umkreise der Länge nach mit stählernen Klingen *dd* besetzt, welche 2 bis 3 Millimeter (1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie) hervorstehen. Diese Walze bringt unausgesetzt einen dünnen Streifen Malz zwischen die Quetschwalzen in deren ganzer Länge. *ee'* schmiedeeiserne Achsen der beiden Quetschwalzen. *ff* gußeiserne Träger der Pfannen (Achsenlager) der Walzen *ab*. *g* Kuppelung,

Fig. 162.



um die Walzen in Thätigkeit zu setzen und sie anhalten zu können, ohne daß die Treibachse angehalten wird. *h* Stellvorrichtung, die man beliebig höher oder niedriger schrauben kann, um die hölzerne Walze *c* und dadurch die Quetschwalzen stärker oder schwächer mit Malz zu speisen. *k* Querstück von Holz, das in seiner, der Form der hölzernen Walze *c* entsprechenden oberen Bahn mit dünnem Kupferblech beschlagen und von den Stahlklingen der Walze etwa $\frac{1}{2}$ Linie entfernt ist. *l* siebförmig durchlöcherte schiefe Ebene von Blech, von welcher das Malz den Walzen zugeführt wird. Staub und beigemengte Reste der Wurzelkeime fallen hindurch und sammeln sich in dem Rumpfe *l'*, aus dem sie durch die Klappe *m* entfernt werden. *nn* hölzernes Gehäus um die Walzen.

Fig. 163.



n' Klappe von der Breite des Gehäuses, mittelst welcher man zu den Walzen gelangt, um sie reinigen und stellen zu können. *oo* Stellschrauben der Quetschwalzen, mit deren Hülfe man die bronzenen Achsenlager der Walze *aa*, welche in Coulissen der gußeisernen *ff* gehen, verschieben kann. *pp* hölzerne Pfannenträger und Pfannen (Achsenlager), in denen die Zapfen der Walze *c* laufen, welche sehr wenig Kraft zur Drehung erfordert. *ss* hölzernes Gestell für die Quetschwalzen. *tt* Messer und Klingen von Stahl, um das den Walzen anhängende Schrot abzustreifen. Die Messer sind auf kleinen drehbaren Wellen befestigt, welche durch Hebel und Federn so gestellt werden können, daß sie mehr oder weniger stark gegen die Quetschwalzen drücken. 1 und 2 Zahnräder der beiden Quetschwalzen. Da das Zahnrad 2 der Walze *b* kleiner ist als das Zahnrad 1 und sich in Fig. 162 hinter diesem befindet, so kann man es in der Figur nicht sehen. Die Größe der beiden Zahnräder steht in dem Verhältnisse der Durchmesser der Walzen, zu denen sie gehören; ihre Geschwindigkeiten stehen deshalb im umkehrten Verhältnisse zu ihrer Größe. 3 und 4 Zahnräder, durch welche die Bewegung der Walze *b* der Walze *c* mitgetheilt wird.

Um beim Schroten auf einer gewöhnlichen Mahlmühle das feine Zerreiben der Hülse so viel als möglich zu verhüten, muß das Malz zuvor angefeuchtet, eingesprengt werden, wodurch die Hülse zähe und weniger leicht zerreiblich wird.

Zu diesem Einsprengen findet man in größeren Brauereien ein eigenes Local hergerichtet, dessen Plattenboden

nach der Mitte zu etwas geneigt liegt. Das zuvor gut gereinigte Malz wird hier zu einem längeren oben spitz zulaufenden Haufen aufgeschüttet, dann der Länge nach auf dem Kamm des Haufens eine Vertiefung gezogen und in diese das zum Einsprengen bestimmte Wasser gegossen, während gleichzeitig der Haufen je nach seiner Größe durch 2 oder 4 Mann umgeschaufelt wird, welche Arbeit so lange zu wiederholen ist, bis das Malz ganz gleichmäßig angefeuchtet erscheint. Man verwendet dabei das zuzusetzende Wasser nicht auf einmal, sondern vertheilt es auf die ersten drei Umstechungen.

Nach dem Einsprengen bleibt das Malz in einem flacheren Haufen 6 bis 12 Stunden liegen, bevor es geschroten wird. Die Menge des zuzusetzenden Wassers ist verschieden nach dem Grade der Trockenheit des Malzes und beträgt zwischen 5 bis 10 Proc. des Malzgewichts, auch die Zeit des Liegenlassens ist hiernach verschieden; außer von der Art des Malzes hängt es von dem Verfahren beim Maischen und von der Einrichtung zum Abseihen der Würze ab, ob man mehr oder weniger Werth darauf zu legen hat, daß die Hülse beim Schroten nicht stark zerrissen werde.

Durchs Einsprengen vermehrt sich das Volum, je nachdem das Malz frischer oder älter, stärker oder schwächer gedörrt wurde, gleichfalls verschieden, und wechselt danach zwischen 12 bis 16 Proc.

Beim Schroten selbst hat man darauf zu achten, daß sich das Schrot nicht zu stark erwärme, welches eintritt, wenn man zu viel zwischen die Steine bringt und diese nicht scharf sind. Durchs Schroten vermehrt sich das Volum des eingesprengten Malzes noch um 15 bis 20 Proc., je nachdem es feiner oder gröber geschroten wurde. Schrot von eingesprengtem Malz ist nicht länger aufzubewahren, man müßte es denn sehr dünn ausbreiten, da es sich sehr leicht erwärmt. Nicht angefeuchtetes Malzschrot soll durch längere Aufbewahrung an Löslichkeit gewinnen, verliert aber an Aroma und ist der Verunreinigung durch Katzen ꝛc. sehr ausgesetzt.

Die zweite Operation zur Gewinnung der Würze ist:

Das Einteigen und Einmaischen des Schrots. Das Einteigen, wobei das Schrot zunächst nur mit wenig Wasser angefeuchtet oder vermischt wird, dient als Vorbereitung, zum Erweichen der aufzulösenden oder in Lösung zu bringenden Theile. Das Einmaischen bezweckt dagegen nicht nur die Auflösung der bereits löslichen Theile, sondern es soll dadurch auch eine Umwandlung des noch vorhandenen Stärkemehls in Gummi und Zucker durch die Einwirkung des Diastas des Malzes erreicht werden. Das Malzschrot ist hierzu durch den Wasseraufguß auf eine Temperatur zu bringen, bei welcher jene Umwandlung am raschesten und vollständigsten eintritt. Es wird diese Umwandlung am zweckmäßigsten ausgeführt, wenn man das Schrot zunächst mit Wasser von niedriger Temperatur behandelt und dann erst nach und nach auf den geeigneten Temperaturgrad erhöht.

Obgleich die Erfahrung zeigt, daß die Extraction vegetabilischer Substanzen durch partielle und successive Aufgüsse, die die Substanz allmälig mehr aufschließen, vollständiger zu erreichen steht, als durch die sofortige Behandlung mit einer größeren Menge Wasser, wodurch die auf einander einwirkenden Bestandtheile (wie das Diastas auf das Stärkemehl) zu sehr getrennt oder verdünnt werden; so gewähren bei der Auflösung und Extraction des Malzes doch einige Abweichungen von dieser allgemeinen Regel entschieden wichtigere Vortheile und machen daher diese Abweichung hier nöthig.

Schon die Art des Malzes verlangt eine verschiedene Behandlung; so verträgt ein schwach gedörrtes Malz eine weniger rasche Steigerung der Temperatur und erfordert eine längere Infusion oder Einwirkung der Theile auf einander, als ein stärker gedörrtes, weil dieses zur Lösung schon mehr vorbereitete Stoffe enthält, während in jenem noch mehr unzersetztes Stärkemehl vorhanden ist, welches vor seiner Lösung zunächst in Dextringummi und Zucker zersetzt werden muß. Dasselbe ist der Fall, wenn außer dem Malze noch rohes Getreide oder andere stärkemehlhaltige Zusätze verwendet werden.

Die bei einem stärker gedörrten Malze zulässige raschere Extraction gewährt einen größeren Schutz gegen den Eintritt einer schädlichen Säuerung und macht es um so leichter, aus solchem Malze ein haltbares Bier zu gewinnen.

Das Einteigen und Einmaischen läßt sich hiernach auf sehr verschiedene Weise ausführen und diese Verschiedenheit bedingt oder begründet vorzugsweise die Unterscheidung verschiedener Braumethoden.

Die Ausführung derselben zeigt im Allgemeinen zwei wesentliche Unterschiede, indem die eine dieser Methoden nahezu nach den hier angeführten Grundsätzen oder Regeln der Extraction ausgeführt wird, während die andere hauptsächlich darin abweicht, daß man dabei das Malzschrot gleich nahezu mit dem ganzen anzuwendenden Quantum Wasser behandelt.

Bei der ersteren Art des Maischens wird das Malzschrot wiederholt mit getheilten Portionen Wasser behandelt oder infundirt und dabei nach und nach die Temperatur erhöht. Sie fand bisher vorzugsweise bei den in England und Norddeutschland gebrauten Bieren Statt und wird deshalb auch als die englische oder Infusionsmethode bezeichnet. Die zweite Art des Maischens ist im Wesentlichen diejenige, welche bei der Bereitung der baierischen, böhmischen oder schwäbischen Biere, wenn auch hier wiederum auf verschiedene Weise, ausgeführt wird. Da hier die allmälige Steigerung der Temperatur durch Erhitzen von einem Theile der Maische in der Pfanne und Wiedervermischen mit dem im Maischbottich zurückgebliebenen Theile erfolgt und ihre Anwendung mit der Verbreitung der baierischen Biere auch eine allgemeinere geworden ist, so ist sie als baierische Methode oder auch als das Koch- oder Decoctionsverfahren bezeichnet.

Bevor wir jedoch auf die speciellere Ausführung der verschiedenen Maischmethoden eingehen, ist zunächst das Nöthige über die dazu erforderlichen Geräthe und Maschinen anzuführen.

Zu den Braugeräthen gehört vor Allem die Pfanne oder der Braukessel, der in den meisten Fällen sowohl zur Gewinnung der Würze, zum Erhitzen des Wassers und der Maischen oder Würzen, als auch zum Kochen derselben mit Hopfen dient. Je nach der Art des Brauens in Betreff des Maischens und des späteren Kochens giebt man jenen Kochgefäßen entweder eine größere oder ge-

ringere Tiefe im Verhältniß zum Durchmesser. Dient das Gefäß vorzugsweise zum schnellen Erhitzen, namentlich der Maischen, wie bei der Decoctionsmethode, so ist es zweckmäßiger, eine flachere Form der einen Pfanne zu wählen, die dann auch zum raschen Verdampfen oder Concentriren der Würze besonders geeignet ist. Hat man dagegen die Würze längere Zeit zu kochen, ohne dabei eine erhebliche Concentration zu bezwecken, dann sind tiefere Gefäße, meist runde Kessel, vorzuziehen, wie dies in den englischen Brauereien namentlich zum Brauen des Porterbieres der Fall ist. In der Regel trifft man diese Kochgefäße von Kupfer gefertigt, doch finden in neuerer Zeit die eisernen Braupfannen eine immer allgemeinere Verbreitung, da die Fortschritte sowohl in der Darstellung guter Eisenbleche, als in der Verarbeitung derselben, es möglich machen, sie eben so brauchbar aus Eisen, als aus dem viel theureren Kupfer herzustellen.

Wenn eine zweckmäßige Heizung mit möglichster Ersparung an Brennmaterial zur Hauptanforderung an eine derartige Anlage zu machen ist, namentlich da, wo ein längeres Kochen stattfindet, so tritt doch für besondere Zwecke die Anforderung in Betreff der Schnelligkeit der Erhitzung in den Vordergrund, wie dies bei der baierischen Art des Maischens der Fall ist; hier hat die Möglichkeit einer raschen Erhitzung einen höheren Werth, als die der zu erlangenden Brennstoffersparung. Man findet deshalb auch in diesen Brauereien die Feuerung verhältnißmäßig sehr groß, um zur raschen Erhitzung eine hinreichende Menge Brennmaterial anwenden zu können, wobei dann aber nicht selten durch übermäßige Füllung des weiten Raums eben eine große Holzverschwendung durch den Mangel an hinreichendem Luftzug stattfindet; die schwarzen Rauchwolken, die wir aus unseren Brauhäusern selbst bei der Anwendung des besten Holzes in den meisten Fällen aufsteigen sehen, bekunden diese Holzverschwendung.

Als Brennmaterial wird womöglich Tannenholz verwendet, weil man damit den erforderlichen schnellen Wechsel der Erhitzung am leichtesten erreichen kann. Dieser rasche Wechsel wird, wie wir sehen werden, namentlich bei der baierischen Art des Maischens nöthig, indem hierbei die Pfanne, bald nahezu leer und dann wieder nahezu gefüllt, eine rasche Steigerung und Dämpfung des Feuers nöthig macht. Um dieser Anforderung an die Heizung einer Braupfanne auch bei der Verwendung eines Brennmaterials zu erreichen, welches zu seiner vollständigen Verbrennung eine stärkere Erhitzung erfordert, hat man bereits verschiedene Einrichtungen getroffen.

In England findet man für Steinkohlen die Heizung unter der Braupfanne nicht selten so eingerichtet, daß man bei momentaner Entleerung des Braukessels die ganze Feuerung unter demselben hervorziehen kann, um eine Beschädigung des Kessels durch die Gluth des Feuers zu vermeiden.

Für Torf, der jenen Wechsel, namentlich wenn er von mehr erdiger Beschaffenheit ist, am wenigsten gestattet und deshalb auch bis jetzt selten in den Brauereien eine Verwendung findet, wurde von mir in der Hohenheimer Brauerei eine doppelte Heizung unter der Pfanne hergestellt, wovon die eine zur Verwendung eines schweren Torfs als Hauptbrennmaterial, die andere dagegen nur zur erforderlichen Nachhülfe mit Holz oder Reisig dient. Fig. 164 zeigt den Grundriß, Fig. 165 den Durchschnitt nach der Linie xy und Fig. 166 die vordere Ansicht der Heizung. Die Pfanne A ruht mit ihrem unteren

Fig. 164.

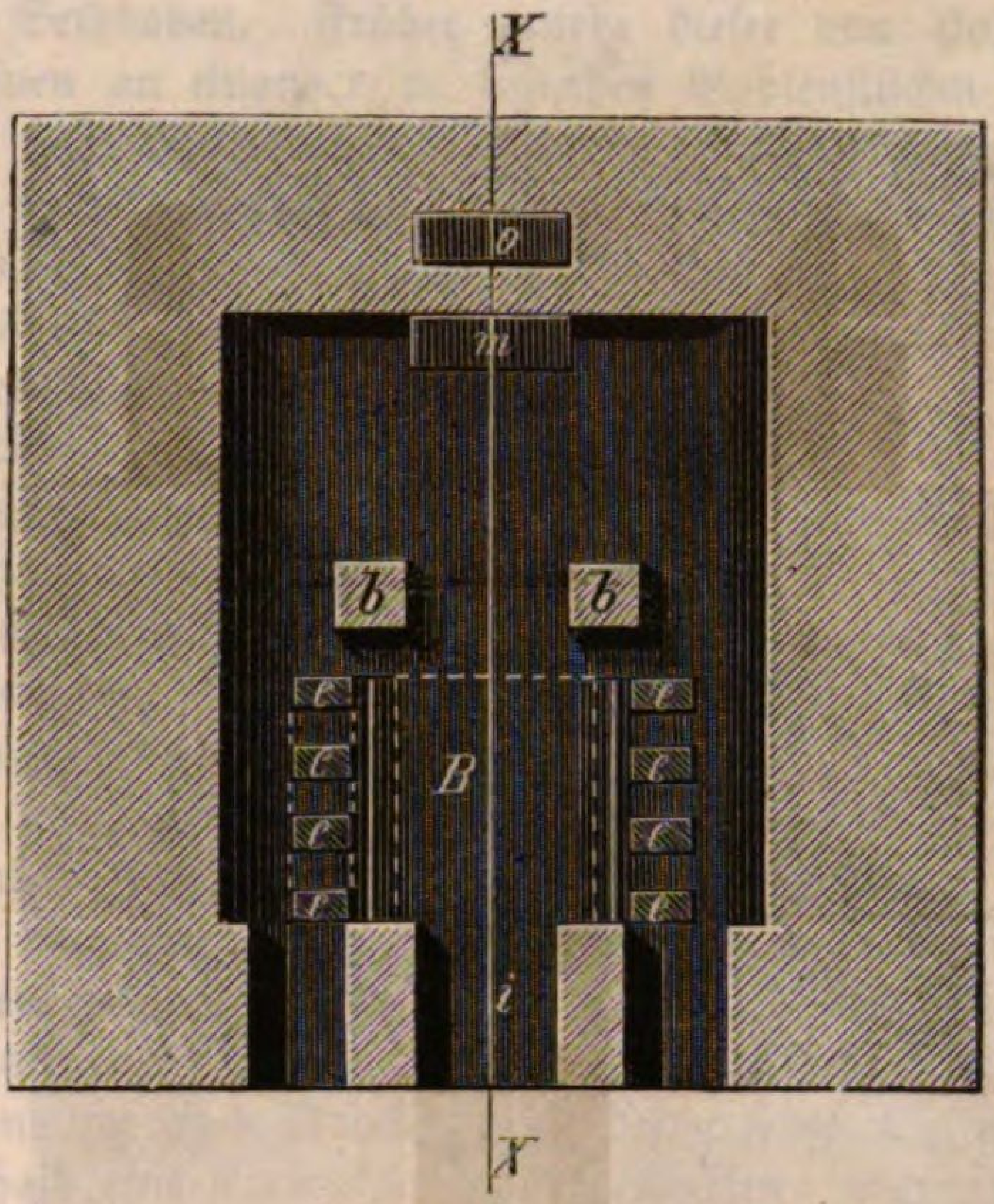
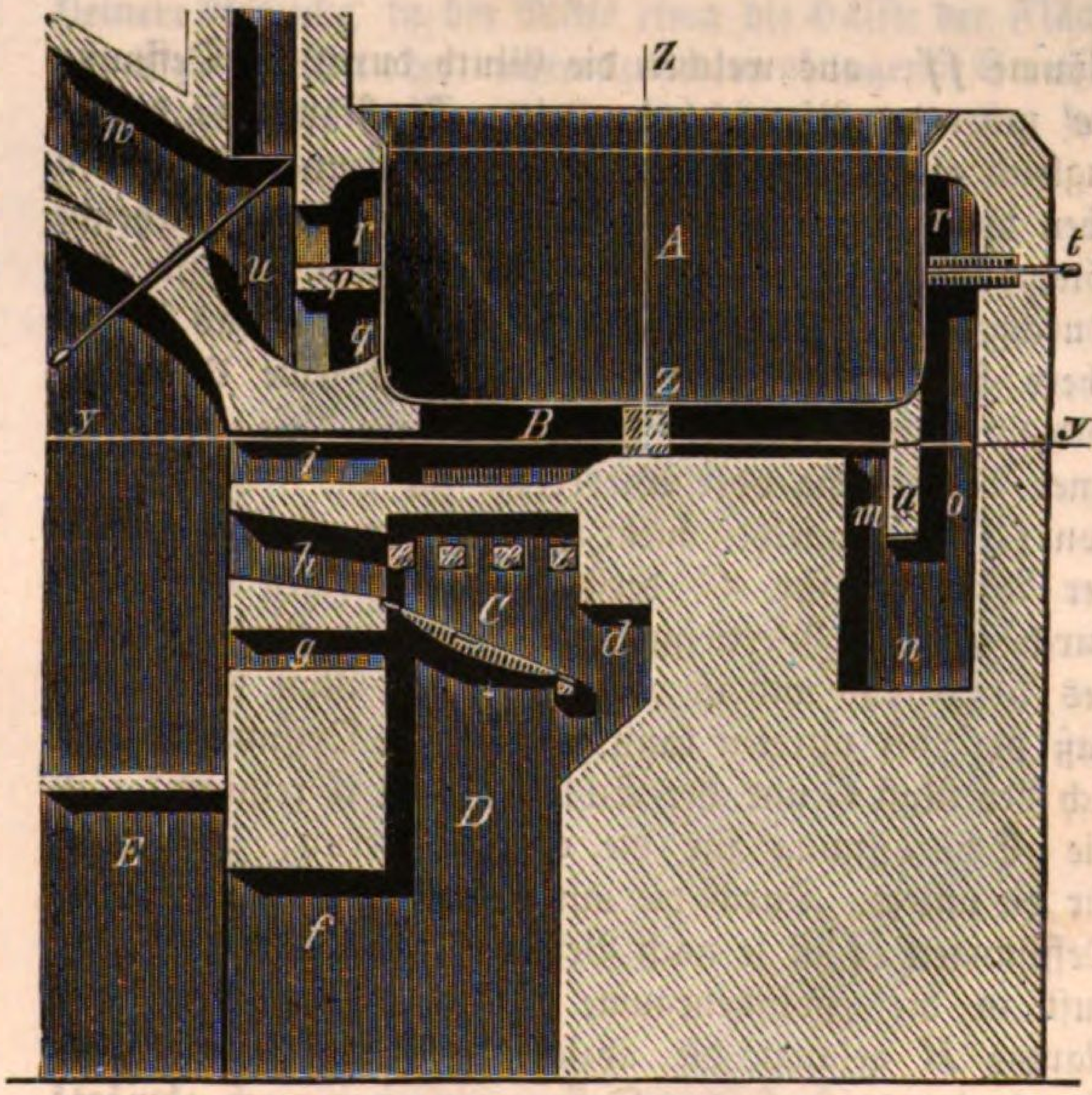


Fig. 165.

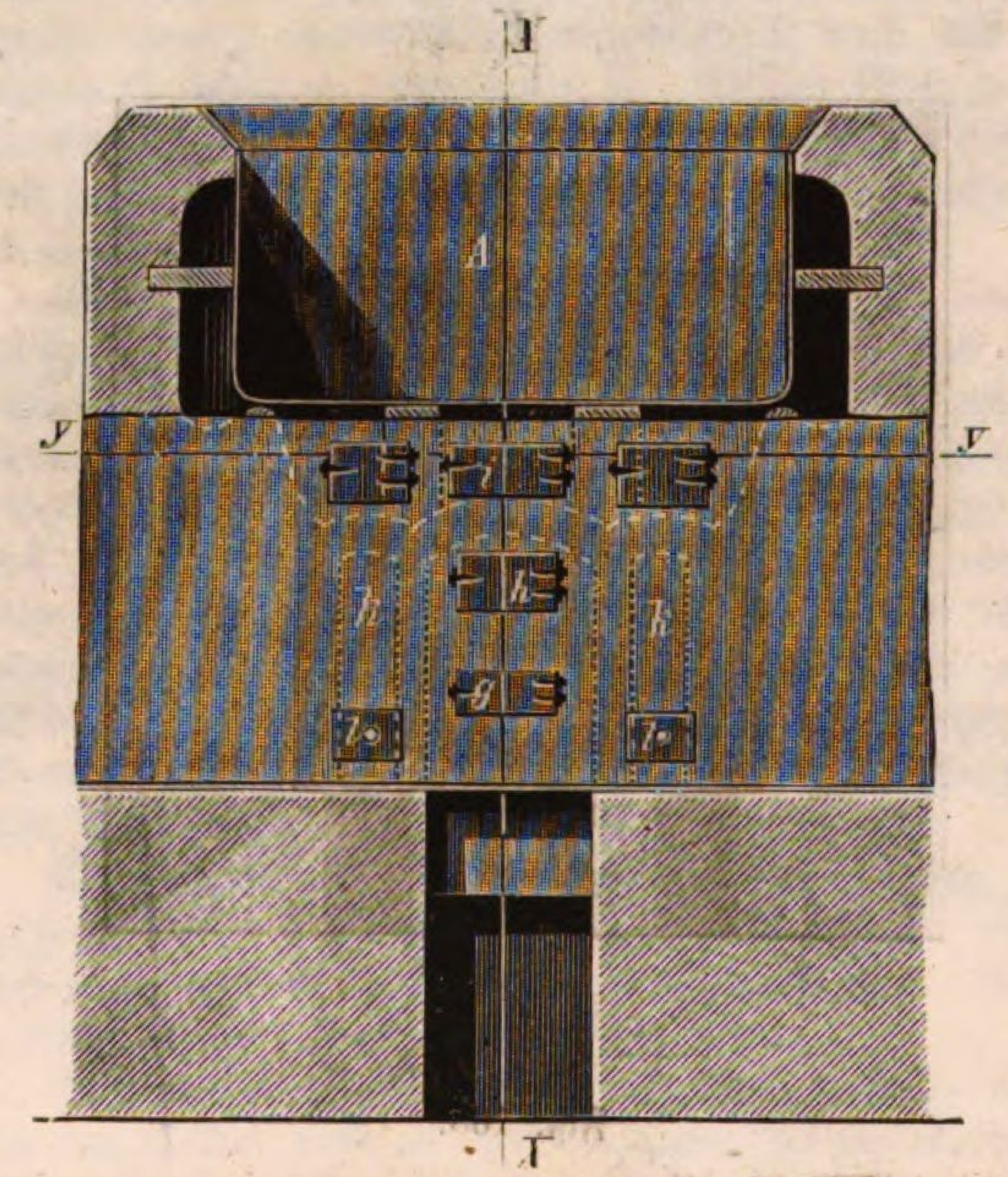


Rande auf dem ganz geschlossenen Kranze aa und wird in der Mitte durch die aus feuerfesten Steinen aufgeführten Pfeiler bb unterstützt. Die Feuerung besteht aus den beiden Heizräumen B und C. Der erstere dient für ein leicht entzündliches mehr Raum erforderndes Brennmaterial, der zweite für schweren Torf, Stein- oder Braunkohlen.

Zu diesem zweiten Heizraume gehört der eiserne Rost C, der vorn höher liegt als hinten und hier mit einem Schlackenabzugscanale d versehen ist, im Fall sich eine größere Menge Schlacken bilden sollte. Der Raum

ist aus feuerfesten Steinen hergestellt und mit einem oben ganz geschlossenen Gewölbe überspannt, seitwärts aber mit den Oeffnungen *ee*... versehen. Diese Oeffnungen führen zunächst in die den Feuerraum zu beiden Seiten umgebenden

Fig. 166.



Räume *ff*, aus welchen die Gluth durch die Oeffnung *e'e'* unter den Pfannenboden tritt. Die Räume *ff* dienen zugleich als Aschenfall für die obere Heizung, sie werden oben durch aufrecht und von einander entfernt stehende Steine bedeckt, wodurch jene Oeffnungen *e'e'* für den Durchgang der Gluth aus *l* entstehen, und das in die obere Heizung zugelegte Brennmaterial seine Unterlage und Luftzutritt erhält. Zugleich dienen diese Steine zu einer Verbindung oder Wiederlage für das Feuergewölbe von *C*, um demselben mehr Festigkeit zu ertheilen. *D* ist der Aschenfall für *C*, derselbe erhält seinen Luftzutritt durch *g*. Die Vertiefung *E* dient zur Vergrößerung des Aschenfalls und ist vorn mit einem Rost bedeckt, so daß die Luft zutreten kann. Durch die Oeffnung *h* läßt sich der Rost *C* und der Schlackencanal *d* reinigen; *i* ist die Schüröffnung für die obere Feuerung, *kk* solche für die untere. Durch die mit Schieberkapseln versehenen Oeffnungen *ll* ist je nach Bedarf für die obere Heizung Luft in die Zwischenräume *ff* zu leiten. Aus dem Raume *B* gelangt die abziehende Feuerluft mit dem Rauche durch die beiden Oeffnungen *mm* nach abwärts in den Canal *n* und aus diesem durch den Canal *o* in den Zug, welcher die Seitenwand der Pfanne *A* umgiebt. Dieser Seitenzug ist durch die Platte *p* horizontal in zwei Theile *qr* getheilt, die nach vorn in den Kamin ausmünden. Durch eine Oeffnung bei *s* sind diese Seitenzüge mit einander zu verbinden und durch den Schieber *t* von einander abzusperren. Durch die Klappe *u* ist die abziehende Hitze entweder nach aufwärts direct in den Kamin *v* oder durch den Canal *w* unter die Wärmpfanne und unten in die Heizröhren der Darre zu leiten. So lange keine schnellere Erhitzung der Pfanne nöthig wird, geschieht die Heizung nur in dem Raume *C* mit Torf, Stein- oder Braunkohle, wobei die Oeffnungen *ll* geschlossen bleiben, damit sämmtliche Luft durch den Rost eintreten muß. In dem überwölbten Raume *C* wird durch die hier concentrirte Hitze eine vollständige Verbrennung erreicht, indem sich selbst die nach einem frischen Aufwurf zuerst entweichenden Gase an dem bald glühenden Gewölbe entzünden; durch die vertheilten Oeffnungen *e'*... wird eine sehr gleichmäßige Erhitzung des Pfannenbodens erreicht. Die nach abwärts geführten Canäle *mm* leiten aus dem Feuerraume *B* nur die schwerere und weniger heiße Luft mit dem Rauche ab. Ist die Pfanne nur zum Theil angefüllt, so läßt man durch Verschließen der Oeffnung *s* nur den unteren Theil der Pfanne von der abziehenden Wärme berühren, sobald aber eine stärkere Erhitzung nothwendig wird, wobei die Pfanne in der Regel ganz gefüllt ist, stellt man die Verbindung der Räume *q* und *r* her, so daß eine größere Menge Luft durch den Feuerraum ziehen kann; gleichzeitig wird dann auch in dem oberen Feuerraume *B* geheizt, indem man hier feingespaltenes Holz oder Reisig (Wellen) zulegt, welches durch die Gluth des unteren Feuers und durch einen weiteren Luftzutritt durch die Oeffnungen *ll* sich schnell entzündet und verbrennt. Um den Luftzutritt durch die Oeffnungen *ll* leicht und genau reguliren zu können, steckt in jeder Oeffnung eine etwa einen Fuß lange Blechkapsel, die nach vorn geschlossen und mit einem Handgriffe versehen, seitlich aber Oeffnungen hat, durch welche die Luft beim mehr oder weniger Herausziehen der Kapsel in größerer oder geringerer Menge in den Raum *k* treten kann. Sobald die schnelle Erhitzung der Flüssigkeit erreicht ist, wird die Heizung in *B* eingestellt und die Oeffnungen bei *ll* durch Einschieben der Kapseln geschlossen, um hier den Luftzutritt wieder abzusperren.

Der Raum für die obere Heizung gewährt noch den wesentlichen Vortheil, daß beim Ausleeren der Pfanne durchs Oeffnen der oberen Heizthür ein kalter Luftstrom direct eintritt und den Pfannenboden gegen zu starke Erhitzung schützt, wenn das untere Feuer in *C* auch noch in voller Gluth sein sollte. Diese wird beim Oeffnen der oberen Thür aber auch bald gemäßigt, denn so wie die Luft oberhalb direct eindringen kann, wird sie das Feuer in *C* unberührt lassen und dieses nur fortglimmen, bis die oberen Thüren wieder geschlossen werden und nun die Luft wieder durch den Rost eindringen muß. Man erhält auf diese Weise schnell wieder ein lebhaftes Feuer, was bei einer Feuerung nicht so bald zu erreichen ist. Der auf diese Weise mögliche rasche Wechsel läßt aber die Operation des Maischens außerordentlich beschleunigen und die Nachtheile verhüten, welche bei einer Verzögerung des Processes so leicht eintreten.

In den Münchener Brauereien, wo man in neuerer Zeit auch den billigeren Torf mehr als früher in den Brauereien verwendet, findet man meist sogenannte Vorfeuerungen für denselben, bei welchen das Feuer vor dem Kesselboden unter einem feuerfesten Gewölbe brennt und die Gluth von hier sich dann erst unter dem Pfannenboden vertheilt. Auch hier erlangt man unter dem Gewölbe eine weit vollständigere Verbrennung, als wenn diese unmittelbar unter der Pfanne stattfände. Ver-

bessern ließe sich diese Einrichtung wohl dadurch, daß man zu beiden Seiten des überwölbten Feuerraums schließbare Oeffnungen oder Canäle anbrächte, die beim Oeffnen kalte Luft direct unter die Pfanne leiten würden, um letztere beim Leeren (Ueberschöpfen oder Pumpen der Maische) gegen die Gluth des Feuers zu schützen und dies doch schnell wieder verstärken zu können. Immerhin trifft solche Vorfeuerungen der Vorwurf, daß sie zu örtlich auf den Pfannenboden einwirken und diesen schnell zerstören.

Ueber die in England gebräuchlichen Pfannen oder Kessel soll das Nähere beim Kochen der Würze gesagt werden, da man dort die Pfannen nur in Rücksicht aufs Kochen des Wassers und der gewonnenen Würzen construirt, während sie bei dem baierischen Brauverfahren mehr in Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit zum Maischen einzurichten sind.

In unseren größeren Brauereien trifft man jetzt meist zwei Pfannen aufgestellt, wovon dann die eine lediglich zum Maischen, die andere dagegen allein zum Kochen der fertigen Würze mit dem Hopfen dient. Außer der eigentlichen Braupfanne hat man in der Regel auch eine Vorwärmpfanne zum Erhitzen oder Vorwärmen des zu verwendenden Wassers; dieselbe wird, wie schon angegeben, entweder zwischen den beiden Braupfannen erhöht aufgestellt oder oberhalb des Heizraumes; in beiden Fällen wird sie von der abgehenden Kesselfeuerung berührt, bevor diese in die Heizröhren der Darre tritt. Die Pfannen stehen entweder mit den Maischgefäßen in gleicher Höhe oder auch wohl so viel höher, daß ihr Inhalt durch ein Hahnrohr direct in den Maischbottich abzuleiten ist. Bei gleicher Höhe mit dem Maischbottich findet wohl nur noch bei kleineren Betrieben ein Ueberschöpfen der Maische Statt, bei größeren dient dazu eine Pumpe, welche mit dem Ablaßrohre in Verbindung steht. Um beim sogenannten Dickmaischkochen ein Verstopfen dieses Rohrs durch die dickeren Maischtheile zu verhüten, wird es nöthig, das Rohr innerhalb der Pfanne mit einem Schieber zu verschließen. Findet eine directe Ableitung der Maische von der Pfanne in den Maischbottich Statt, so bedarf man an dem Ablaßrohre außer dem Schieber in der Pfanne einen größeren Hahn am Ende des Rohrs, da der Schieber allein auf die Dauer keinen genügenden Verschluß gewährt.

Je nach der Art des Maischens oder der Braumethode ist die nöthige Größe der Pfannen verschieden, in den meisten Fällen übersteigt der Inhalt der Maischpfanne das zu erzeugende Bierquantum um $1/5$ bis $1/4$.

Das Hauptgefäß zur Darstellung der Würze ist der **Maischbottich** oder Maischkasten, namentlich wenn derselbe zugleich zum Abseihen oder zur Trennung der gelösten von den ungelösten Theilen, den Trebern, dient, wie dies noch in den meisten Brauereien der Fall ist.

Man fertigt denselben in der Regel von starkem Eichen- oder Fichtenholz rund oder auch viereckig. Die Anfertigung aus Eisen wird von vielen Brauern als nicht geeignet bezeichnet, theils wegen des stärkeren Wärmeverlustes, theils wegen eines bemerkbaren Einflusses auf die geringere Haltbarkeit des darin erzeugten Bieres. In England trifft man dieses Material jedoch nicht selten. Der Maischbottich dient zunächst zum Vermischen des Schrots mit dem Wasser und steht, wie schon erwähnt, bald in gleicher Höhe mit der Koch- oder Maischpfanne, bald auch so viel tiefer, um den Inhalt der Pfanne direct aufnehmen zu können. Soll das Gefäß zugleich zum Abseihen der Würze dienen, so erhält es dicht über dem unteren Boden einen zweiten fein durchlöcherten Sieb- oder Seihboden. Früher wurde dieser von Holz aus einzelnen an einander zu legenden Bohlenstücken hergestellt, man gab denselben eine Unterlage, welche den Abstand vom eigentlichen Boden des Gefäßes bildete, und befestigte die einzelnen Theile oberhalb durch sogenannte Spannstäbe, so daß sie durch die Flüssigkeit nicht gehoben werden konnten. Gegenwärtig finden wir diese hölzernen Seihboden, die schwer rein zu halten waren und einen größeren Abstand vom Boden des Gefäßes nöthig machten, fast allgemein durch Metallböden von Eisen-, Kupfer- oder Messingplatten ersetzt. Diese sind feiner zu durchlöchern, wodurch die ungelösten Theile besser zurückgehalten werden, und machen es möglich, den unteren Raum zu beschränken. Nach der möglichsten Beschränkung dieses Raumes hat man aber zu streben, denn alle ungelösten Mehltheile, die sich darin sammeln, entgehen dem Zuckerbildungsprocesse und erleiden dagegen um so leichter eine schädliche Säuerung, die eine Unhaltbarkeit des Bieres verursacht. Bei der Anwendung von Metallböden, deren feine Oeffnungen unterhalb eine starke Versenkung erhalten, damit sie sich nicht leicht verstopfen, braucht die Seihplatte nicht die ganze Bodenfläche des Gefäßes auszufüllen, es genügt für kleinere Bottiche, in der Mitte etwa die Hälfte der Fläche damit zu bedecken oder mehrere zusammenhängende Streifen einzulegen, wie sie Fig. 167 und 168 zeigen. Um da-

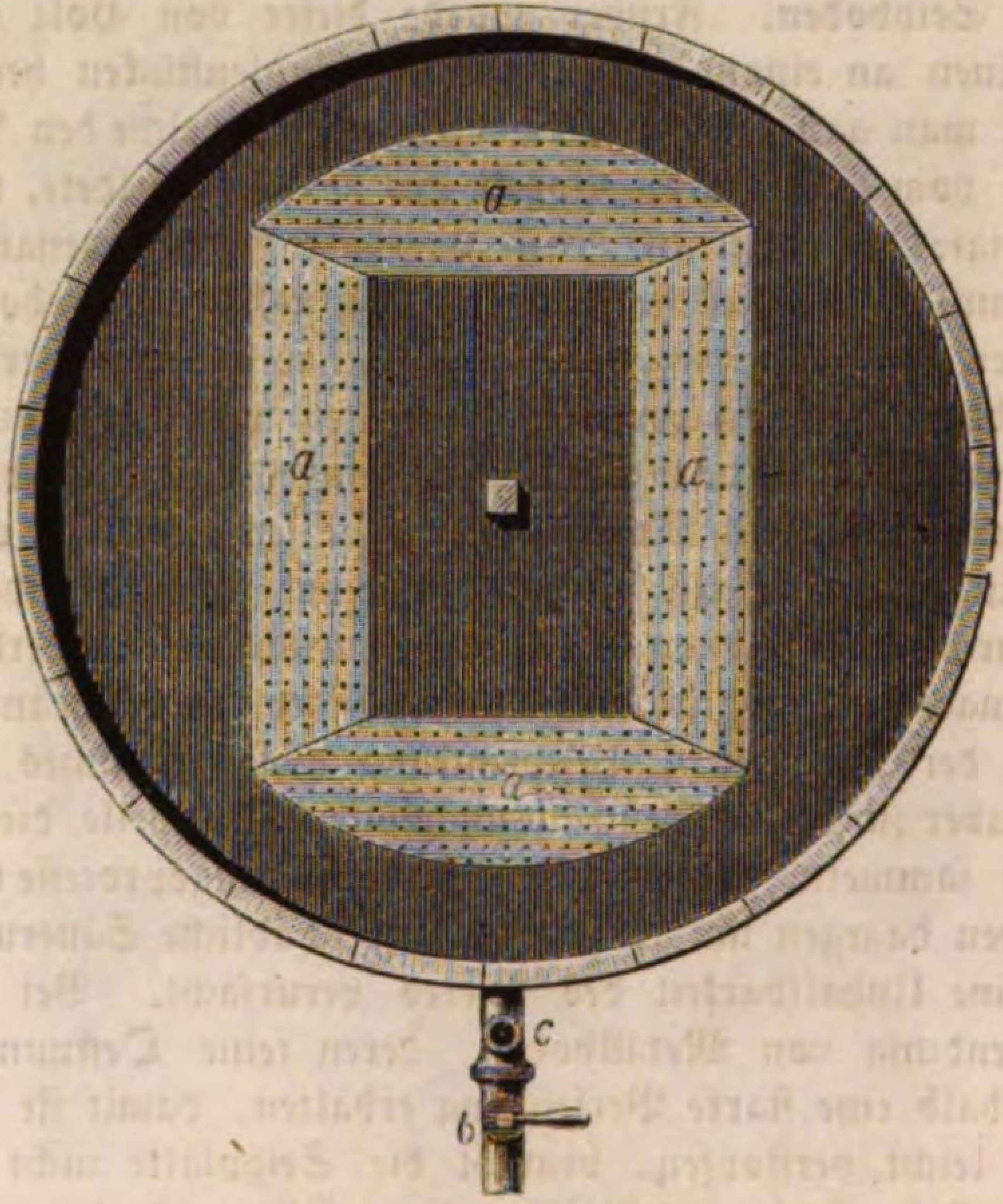
Fig. 167.



bei eine gerade Bodenfläche zu behalten, wird die Metallstärke eingelassen und der Raum unter der Seihplatte in den starken Gefäßboden versenkt. Die Befestigung geschieht in der Regel durch versenkte Schrauben und wird bei schweren Platten gar nicht einmal nöthig, nur ist es zweckmäßig, damit die Platten seitwärts gut schließen, sie

auf einem im Boden befestigten Rahmen von Metall, meist Guß, ruhen zu lassen, da sich das Holz hier leicht abnutzt. Bei größeren runden Gefäßen bestehen die Seihplatten meist aus einer runden Scheibe, die in der Mitte

Fig. 168.

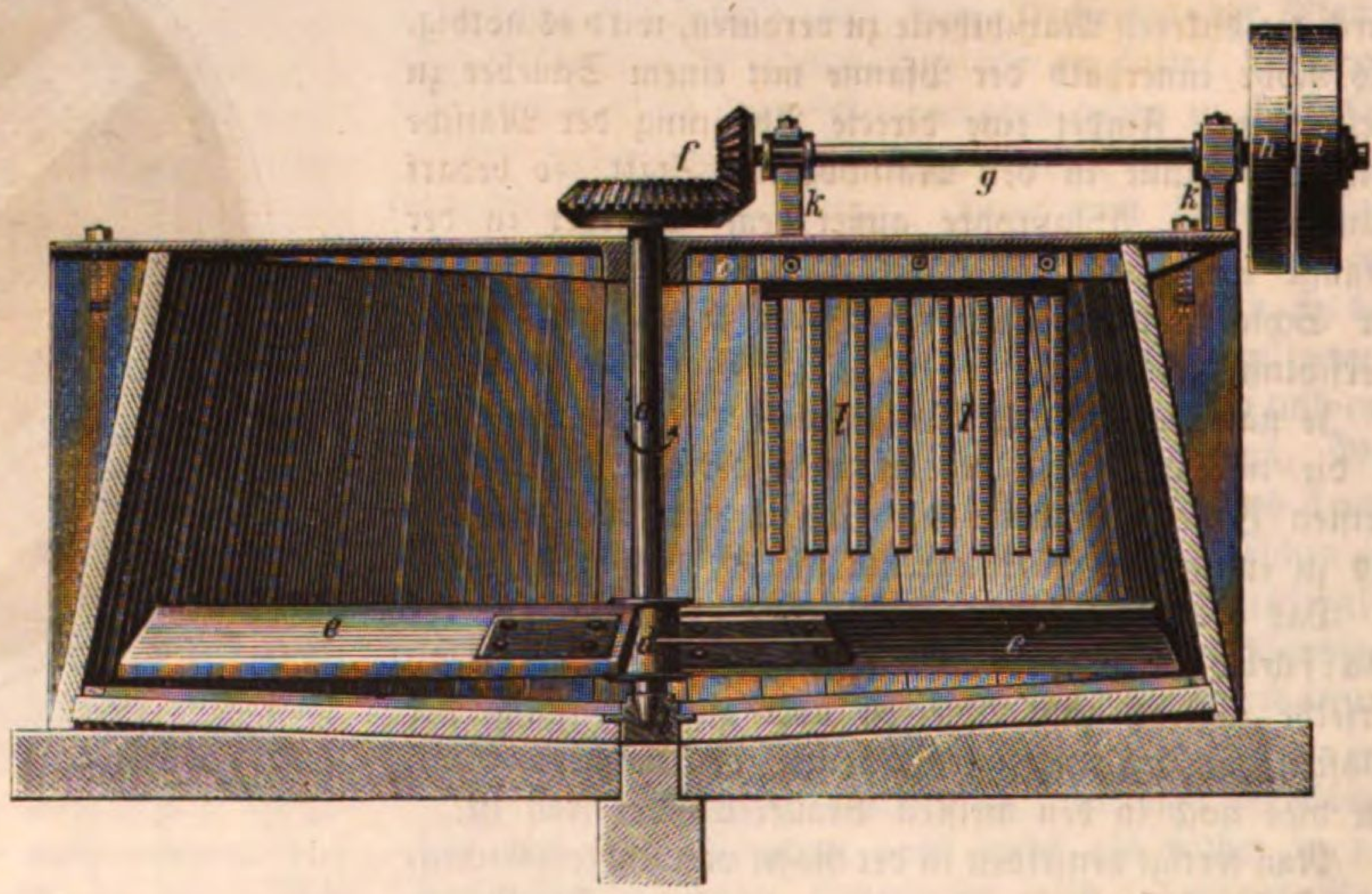


liegt, und aus mehreren Kreistheilen, die die mittlere Scheibe oft in mehreren Kreisen umgeben, je nach der Größe des Gefäßes. Wo sie an einander stoßen, decken sie sich einander durch entsprechende Falze, damit sie gut schließen, zur Unterstützung dienen unterhalb befindliche Erhöhungen oder Füße; man stellt die Seihplatten jetzt meist aus Gußeisen her. Zur Ableitung der durchgeseihten Flüssigkeit dienen mehrere von verschiedenen Punkten ausgehende Röhren, vorn mit Wechsel oder Hähnen versehen. Dient der mit einem Seihboden versehene Bottich zugleich auch als Maischgefäß, wie dies früher allgemein der Fall war, so erhält dieser nicht selten die Einrichtung, daß man die in den Maischbottich zu bringende Flüssigkeit, Wasser oder bereits gewonnene Würze, die nach dem Kochen oder Erhitzen nochmals mit dem im Bottiche befindlichen Schrote zu vermischen ist, von unten durch den Seihboden zuleiten kann, wodurch sie leichter gleichmäßig mit dem Schrot zu vertheilen ist. Es wurde dies bei der älteren Einrichtung, mit hölzernem Seihboden durch einen Schlauch oder Pfaff erreicht, welcher mit dem oberen Rande des Bottichs in gleicher Höhe stand und durch den Seihboden unter demselben ausmündet. Man gab dem Schlauch oder Pfaff eine hinreichende Weite, um die Flüssigkeit mittelst einer Rinne bequem leiten zu können. Statt dieses Pfaffs bringt man jetzt in der Regel von außen ein Rohr an, welches unter dem Seihboden einmündet und mit welchem entweder eine Pumpe zu verbinden oder das, wenn die Flüssigkeit geschöpft wird, oben mit einem Trichter zur Aufnahme der Flüssigkeit zu versehen ist. Man verbindet dieses Rohr mitunter auch, wie in Fig. 168 angegeben, mit dem Ablaßrohre für die Flüssigkeit, namentlich wenn das letztere Rohr, wie es hier angegeben, ein gemeinschaftliches ist oder auf mehreren Stellen unter dem Seihboden einmündet.

Zur Aufnahme der abgeseihten Flüssigkeit dient der sogenannte Grant oder Grund, auch Würzstock, ein am besten aus Stein mit Kupfer ausgelegtes Gefäß, welches meist zur Hälfte vom Seihbottich überdeckt wird, besser aber ganz frei liegt, um die hier so wichtige Reinlichkeit leichter erhalten und überwachen zu können. Dient der Seihbottich zugleich auch zum Maischen, so befindet sich der Würzstock meist unter dem der Pfanne zugekehrten Theile des Maisch- und Seihbottichs. Die Beförderung der Flüssigkeit aus diesem Gefäße in die Pfanne geschieht jetzt fast allgemein mittelst Pumpen, früher wurde die Würze selbst in größeren Brauereien mit kleinen Schöpfern an langen Stielen überschöpft, weil man sich fürchtete, eine nicht gehörig rein zu haltende Pumpe in der Brauerei anzuwenden; durch zweckmäßigere Einrichtung und billigere Herstellung derselben ist diese Scheu verschwunden.

In neuester Zeit trifft man auch wohl die Einrichtung, wodurch der Würzbrunnen ganz entbehrt wird, indem man die Würze mittelst einer Pumpe direct aus dem Raume unterhalb der Seihplatten in die Pfanne fördert; was dabei anfangs trübe kommt, wird in den Maischbottich zurückgeleitet. Es ist dies als eine wesentliche und sehr wichtige Verbesserung zu bezeichnen, nicht sowohl durch die Ersparung des Gefäßes, als vielmehr durch die

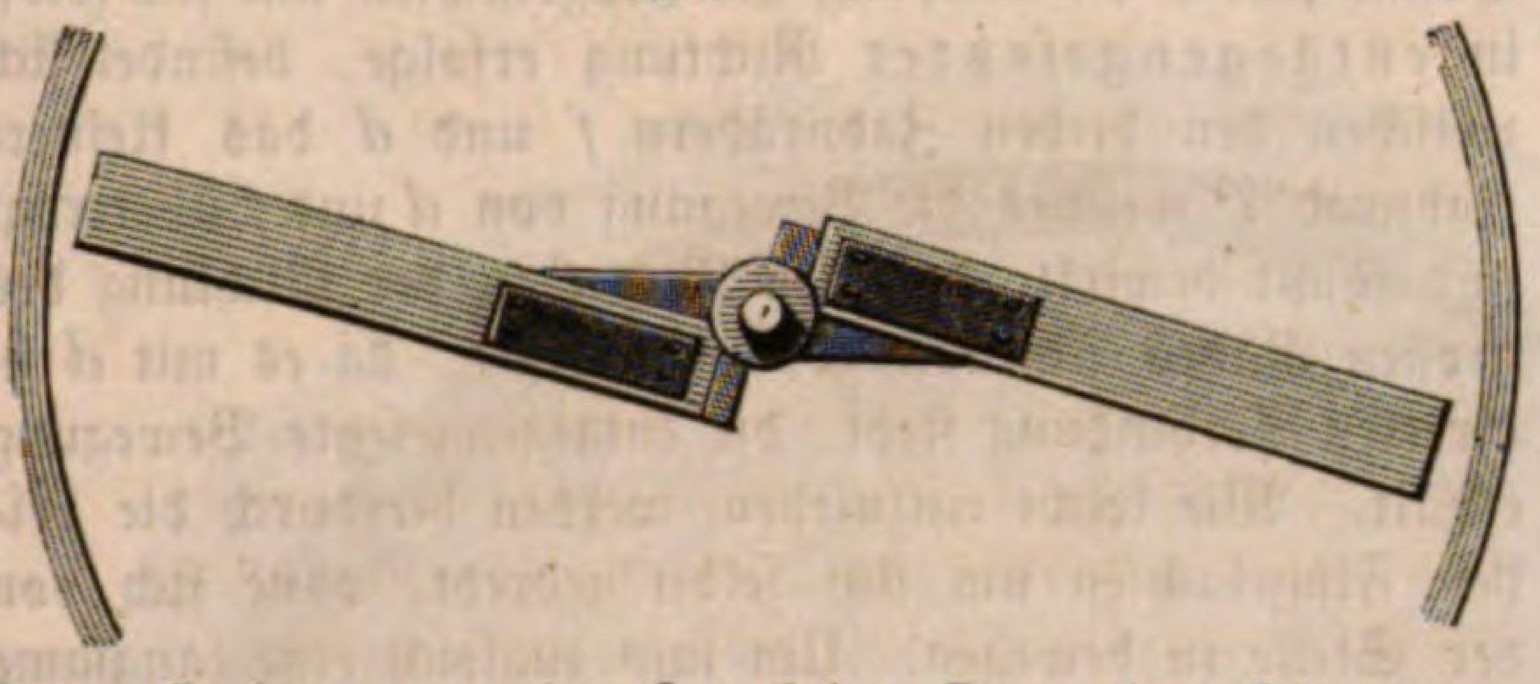
Fig. 169.



Beseitigung einer Gefahr zur Säuerung der Würze, indem durch die Pumpe das Abseihen der Flüssigkeit zu beschleunigen steht, worüber später das Nähere ersichtlich werden wird. Zu diesem Abseihen der Würze eignet sich am besten eine Centrifugal-Pumpe, bei welcher kein Rückstoß stattfindet, wodurch die Würze heller zu gewinnen ist.

Zu der Operation des Maischens oder des Vermischens werden in den größeren Brauereien bereits Maschinen statt des Maischens mit dem Rührscheite angewendet. Es wird dadurch nicht nur bedeutend an Arbeitskraft er-

Fig. 170.



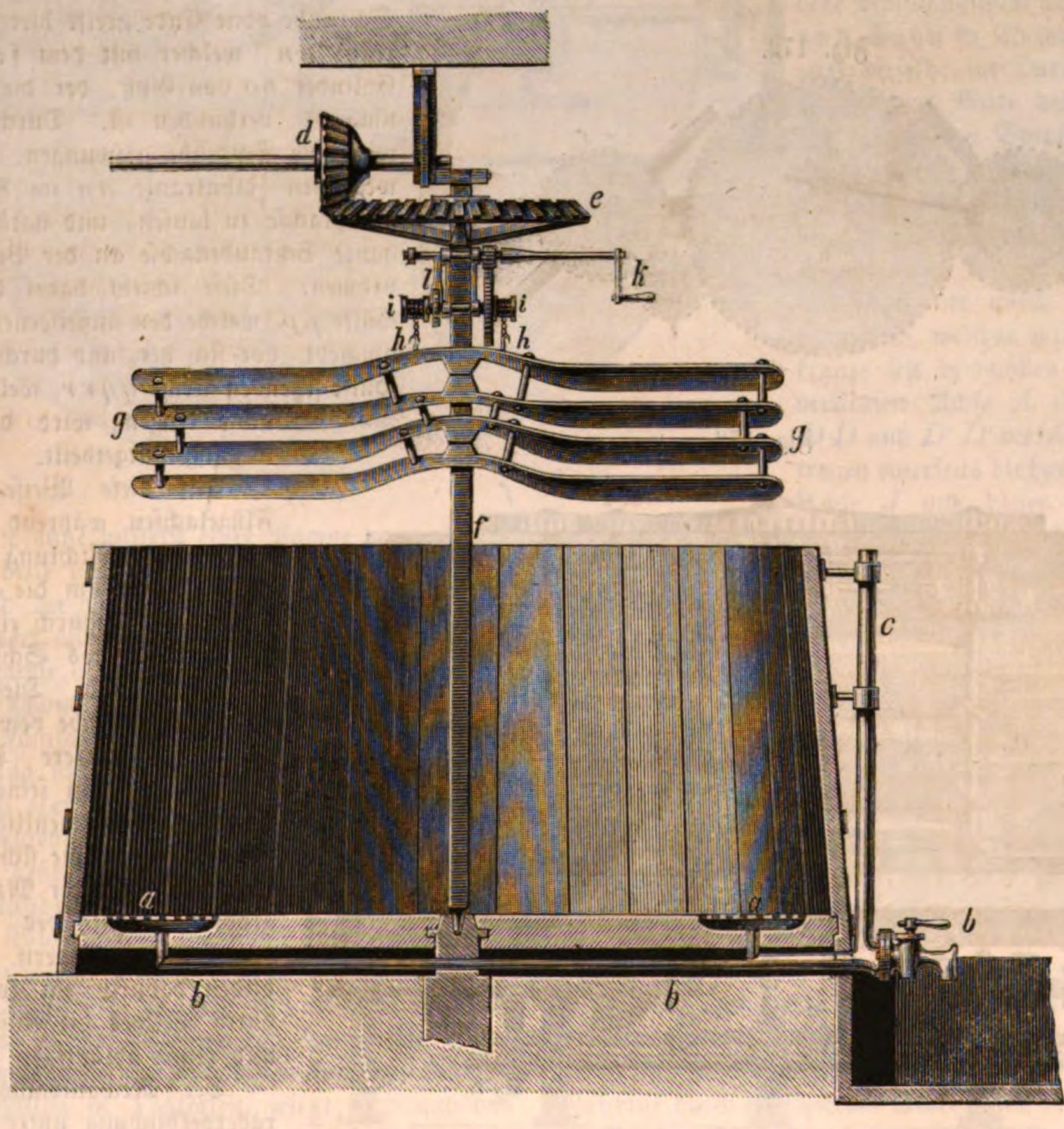
spart, sondern auch der Zweck der Operation sicherer erreicht.

Je nach der Ausdehnung des Betriebs und nach der Ansicht des Brauers findet man einfachere und complicirte Maschinen in Anwendung. Fig. 169 und 170 giebt eine einfachere Maschine, die sich als so zweckentsprechend bewährt, daß sie auch in vielen größeren Brauereien Eingang gefunden *).

Die senkrechte Achse *a* in der Mitte des Maischbottichs ruht unten in dem Pfannenlager *b* und hat oben ihren Halt in dem Querstücke *c*. Die Achse trägt unten das Gußstück *d*, an welchem die beiden hölzernen Flügel *ee'* in der ersichtlichen schrägen Stellung befestigt sind. Diese und die zugleich auch rückwärts gerichtete Stellung der Flügel in Fig. 170 verhütet eine Anhäufung der schweren Theile der Maische in der Mitte des Gefäßes, durch welche solche einfache Rührwerke, bei welchen die Flügel rechtwinklig auf die Achse gerichtet, unzweckmäßig werden.

Die Achse erhält ihre Bewegung durch die Räderverbindung *f* und die horizontale Welle *g*, an welcher

Fig. 171.



eine Kurbel zum Drehen mit der Hand oder wie hier eine Trieb- und eine Leerscheibe *h* und *i* angebracht sind. Die Lagerböcke *kk* sind mit dem Querstücke *c* verbunden, und an diesem sind auch die Stäbe *ll*... befestigt, welche den Zweck haben, der rotirenden Bewegung der Maische entgegenzuwirken und so eine bessere Mischung zu ermöglichen.

Um die bei concentrirteren Maischen nach längerer Ruhe eintretende feste Umlagerung der Flügel durch das Schrot unschädlich zu machen, hat man die Einrichtung

*) Sie wurde zuerst in der früheren Denninger'schen Brauerei zu Stuttgart durch die Maschinenfabrik von Kuhn in Berg bei Stuttgart angefertigt und seitdem aus dieser Fabrik für viele andere Brauereien bezogen.

getroffen, daß die Flügel, während die Maische ruht, aus derselben in die Höhe zu ziehen sind und sich dann beim Beginn des Maischens nach und nach wieder senken. Eine derartige Einrichtung zeigt Fig. 171. Die mit einander verbundenen Flügel gg sind auf der vierkantigen Achse f verschiebbar und können mittelst des oben mit der Achse verbundenen Triebwerks hik, dessen Einrichtung aus der Zeichnung schon verständlich, aufgewunden und wieder niedergelassen werden. Bei der immer mehr verbreiteten baierischen Art des Maischens, bei welcher das Schrot sogleich mit einer größeren Menge Wasser vermischt wird, hat diese Einrichtung keinen besonderen Werth, da sie dabei nicht als nöthig zu bezeichnen ist.

Eine in den größeren Brauereien verbreitete Maischmaschine ist die von Heß; sie unterscheidet sich von anderen derartigen complicirteren Maschinen hauptsächlich dadurch, daß die Hauptläderverbindung unterhalb des Bottichs liegt und dadurch weniger beim Reinigen und Entleeren des Bottichs hindert. Fig. 173 giebt eine Seitenansicht und Fig. 172 die obere Ansicht der hier

Fig. 172.

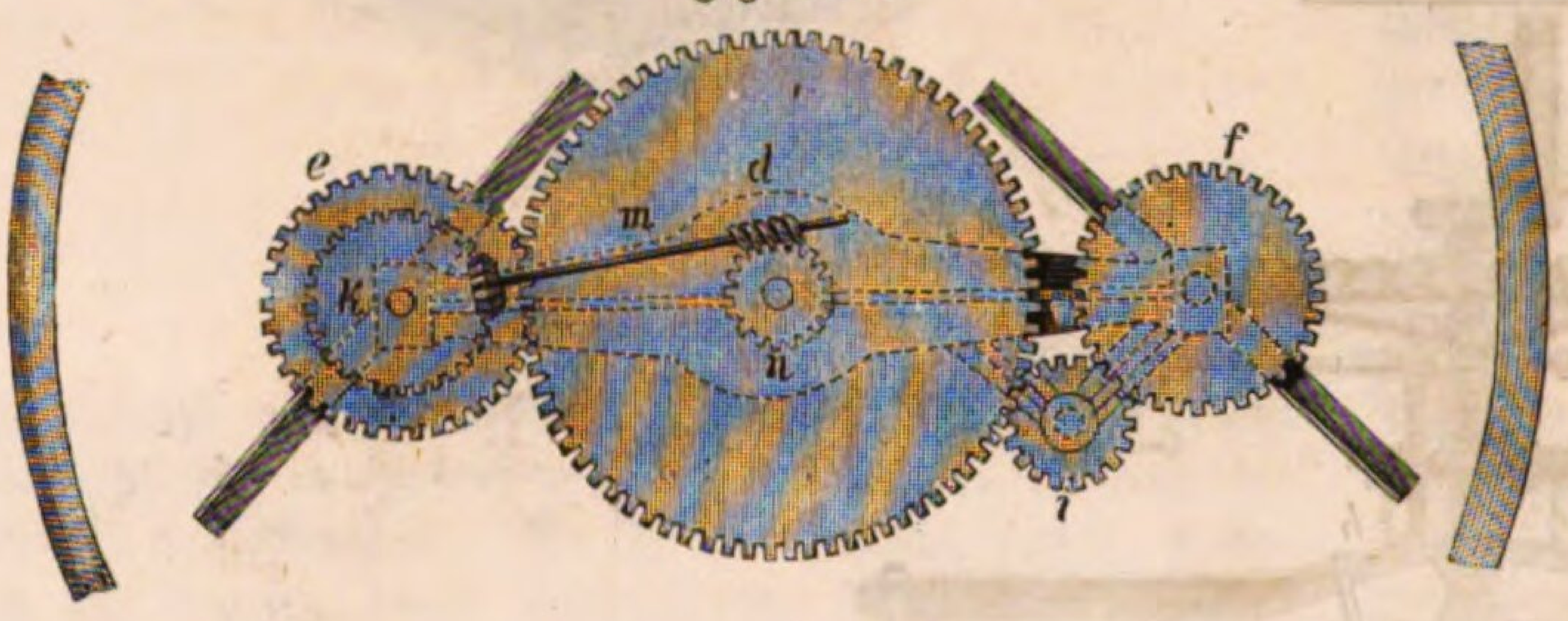
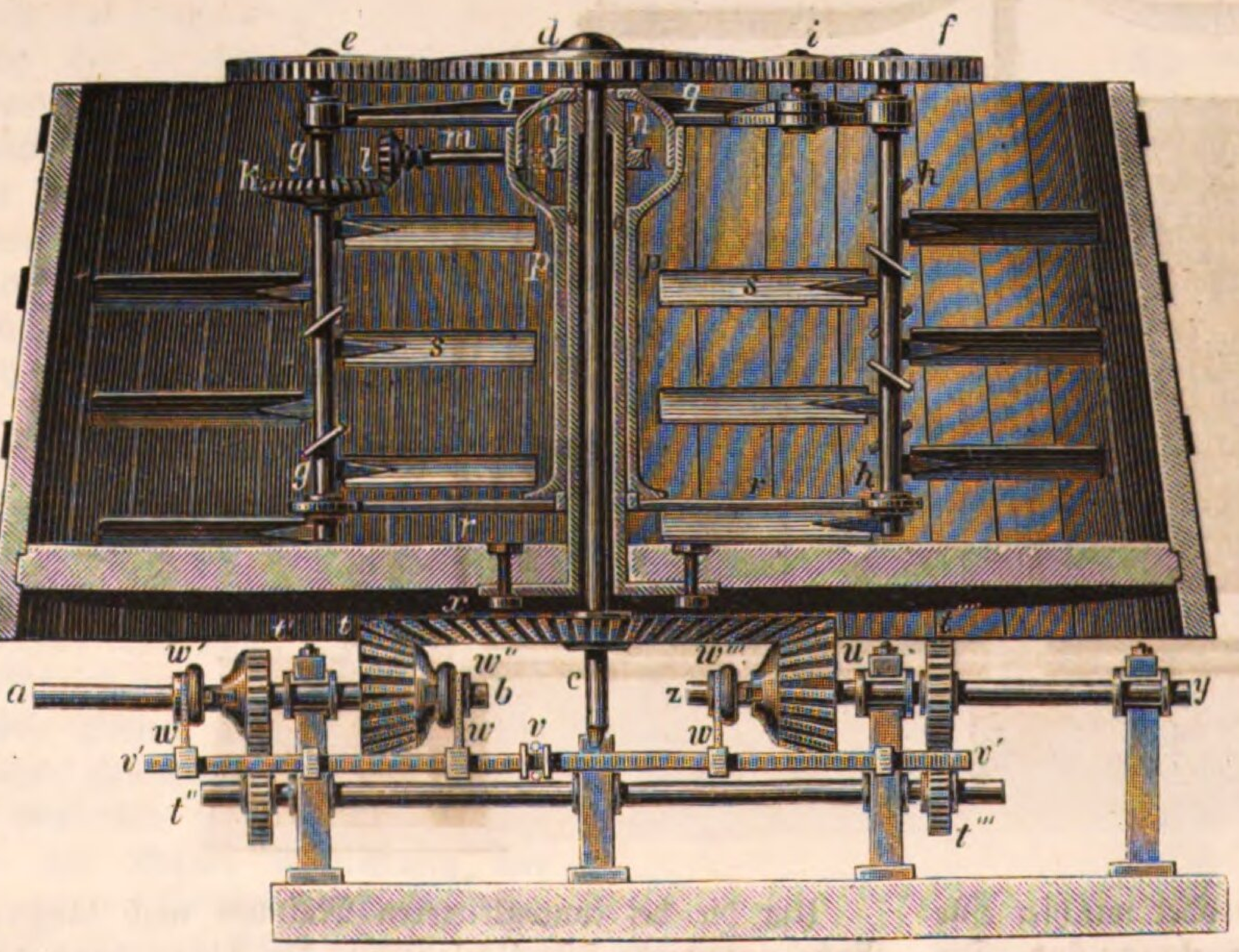


Fig. 173.



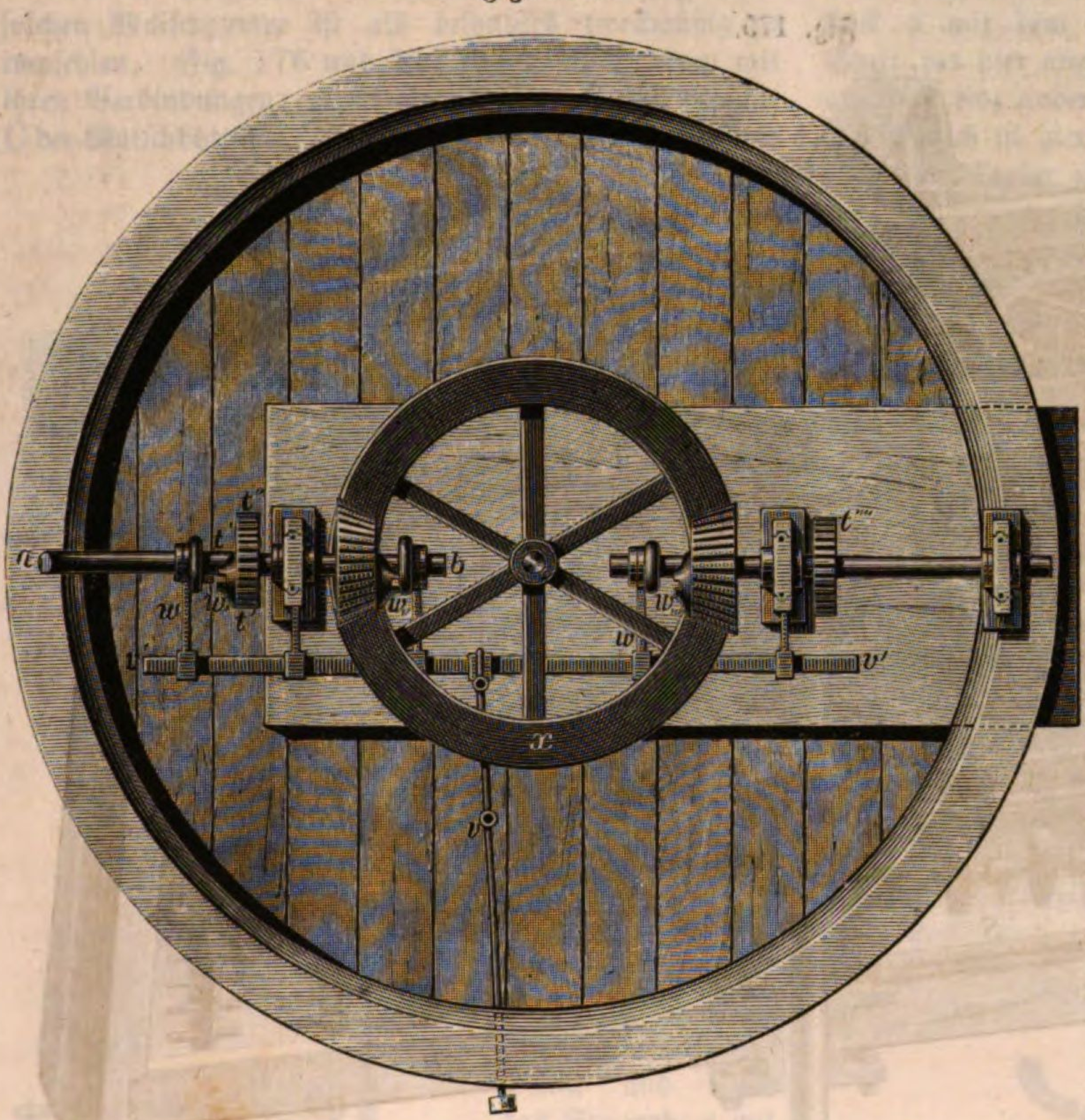
befindlichen Räderverbindung, wodurch die Einrichtung verständlich sein wird. Die Bewegung wird der Maschine durch die mit einer Dampfmaschine in Verbindung stehende Achse ab mitgetheilt und vermittelst der unter dem Bottiche befindlichen Räderverbindung auf die verticale Hauptachse cc übertragen. Durch diese wird zunächst das mit derselben in directer Verbindung stehende große Zahnrad d gedreht, welches durch Eingreifen der beiden kleineren Zahnräder ef die mit denselben verbundenen verticalen Flügelachsen gg und hh ebenfalls in Bewegung setzt. Damit jedoch die Drehung der Flügelachsen um sich selbst in entgegengesetzter Richtung erfolge, befindet sich zwischen den beiden Zahnrädern f und d das kleinere Zahnrad i, welches die Bewegung von d und f überträgt und somit bewirkt, daß das Rad f in der Richtung des großen Rades sich bewegt, während e, da es mit d in directer Verbindung steht, die entgegengesetzte Bewegung erhält. Wie leicht einzusehen, werden hierdurch die beiden Flügelachsen um sich selbst gedreht, ohne sich von der Stelle zu bewegen. Um nun zugleich eine langsame Drehung der Flügelachsen um die Hauptachse zu bewirken, ist an der Achse g das Zahnrad k angebracht, welches durch Eingreifen in das kleinere Zahnrad l die mit letzterem in Verbindung stehende horizontale Schraubenachse m dreht. Die am anderen Ende befindliche Schraube ohne Ende greift hier in den Zahnkranz nn, welcher mit dem feststehenden Cylinder oo von Guß, der die Hauptachse c umgiebt, verbunden ist. Durch die Drehung wird die Schraube gezwungen, in dem unbeweglichen Zahnkranze nn im Kreise um die Hauptachse zu laufen, und natürlich muß die ganze Schraubenachse an der Bewegung Theil nehmen. Diese schiebt dabei die bewegliche Hülse pp, welche den gußeisernen Cylinder oo umgiebt, vor sich her, und durch die an dieser Hülse sitzenden Arme $qqrr$, welche die Flügelachse tragen, wird diesen die Bewegung mitgetheilt.

Auf diese Weise werden die Flügelachsen, während sie sich in entgegengesetzter Richtung um sich selbst drehen, auch um die Hauptachse cc bewegt und dadurch eine recht innige Vermischung des Schrots mit dem Wasser erreicht. Die starke Bewegung der Maische bewirkt aber auch eine vollständigere Trennung der gröberen von den feineren unzersetzten Theilen, namentlich der Stärkemehltegumente, die sich dann bei eintretender Ruhe der Maische auf dem gröberen Theile des Schrots oder der Hülsen ablagern. Die Hülsen bilden dadurch ein lockeres Filter, durch welches die Auflösung rascher und reiner abläuft.

Der Mechanismus der Hauptläderverbindung unter dem Maischbottich macht es möglich, eine vor- und rückwärts drehende Bewegung der Flügelachsen um die Hauptachse herbeizuführen, zugleich bedingt die Construction der Räder eine langsamere oder schnellere Bewegung, je nachdem sich die Maischflügel s vorwärts oder rückwärts drehen. Bei der schnelleren Bewegung drehen sich die Flügel so, daß in Folge

ihrer schrägen Stellung die Schrottheile mehr aufgerührt werden, während sie bei der entgegengesetzten und langsameren Bewegung niederdrückend auf dieselben wirken, wodurch beim Ueberziehen der Dickmaische aus dem Maisch-

Fig. 174.



bottich in die Pfanne mittelst einer Pumpe vorzugsweise die dickeren Theile übergeschöpft werden.

Der Grund der verschiedenen Drehungen durch das untere Räderwerk wird verständlich, wenn man beachtet, daß die Hauptachse c ihre Bewegung entweder durch das konische Rad t allein oder vermittelst der Räder t', t'', t''', t'''' durch das konische Rad u erhält. Zu diesem Wechsel in der Bewegung sind die Räder t, t' und u auf ihrer Achse beweglich oder lose und drehen sich nur dann, wenn durch den Hebelarm v (Fig. 173) vermittelst der an der Querstange v' befindlichen Arme w die auf den Achsen ab und zy befindlichen Kupplungen w', w'', w''' eingerückt werden. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, werden die beiden Kupplungen w' und w''' ausgesetzt, sobald w'' eingreift, und umgekehrt; es wird also entweder das Rad t oder das Rad u die Drehung der Hauptachse c bewirken. Während das eine von diesen konischen Rädern durch die Kupplung in Thätigkeit gesetzt wird und das große Rad x auf der Achse c dreht, wird das andere beweglich oder gelöst und macht dann nur die von x vorgeschriebene Drehung mit. Die Räder t', t'', t''', t'''' bilden ein zusammenhängendes System und haben zunächst nur den Zweck, die Bewegung von der Achse ab auf die Achse yz zu übertragen. Bei genauer Beobachtung wird man ferner finden, daß erstlich das Rad t' kleiner ist als t'', wodurch eine Hemmung in der Geschwindigkeit der Achsendrehung hervorgerufen wird; dann ist aber auch das Rad t''' kleiner als t'''', wodurch eine weitere Hemmung in der Geschwindigkeit entsteht, so daß also, wenn das Rad u in Thätigkeit gesetzt wird, die langsamere Bewegung der Maschine stattfindet, während dieselbe sich schneller dreht, sobald das Rad t activ ist.

Um eine Beschädigung der Maschine zu verhüten, im Fall beim Beginn der Bewegung die Schrottheile die Maschine zu fest umlagern sollten, sind in der Transmission sogenannte Frictionsscheiben angebracht.

Einfacher und in ihrer Wirkung sicher eben so zweckentsprechend als die von München aus verbreitete Maischmaschine von Heß erscheint die in dem Werke von Heiß beschriebene Maischmaschine von Schwalbe und Sohn in Chemnitz. Fig. 175 zeigt dieselbe im Durchschnitt.

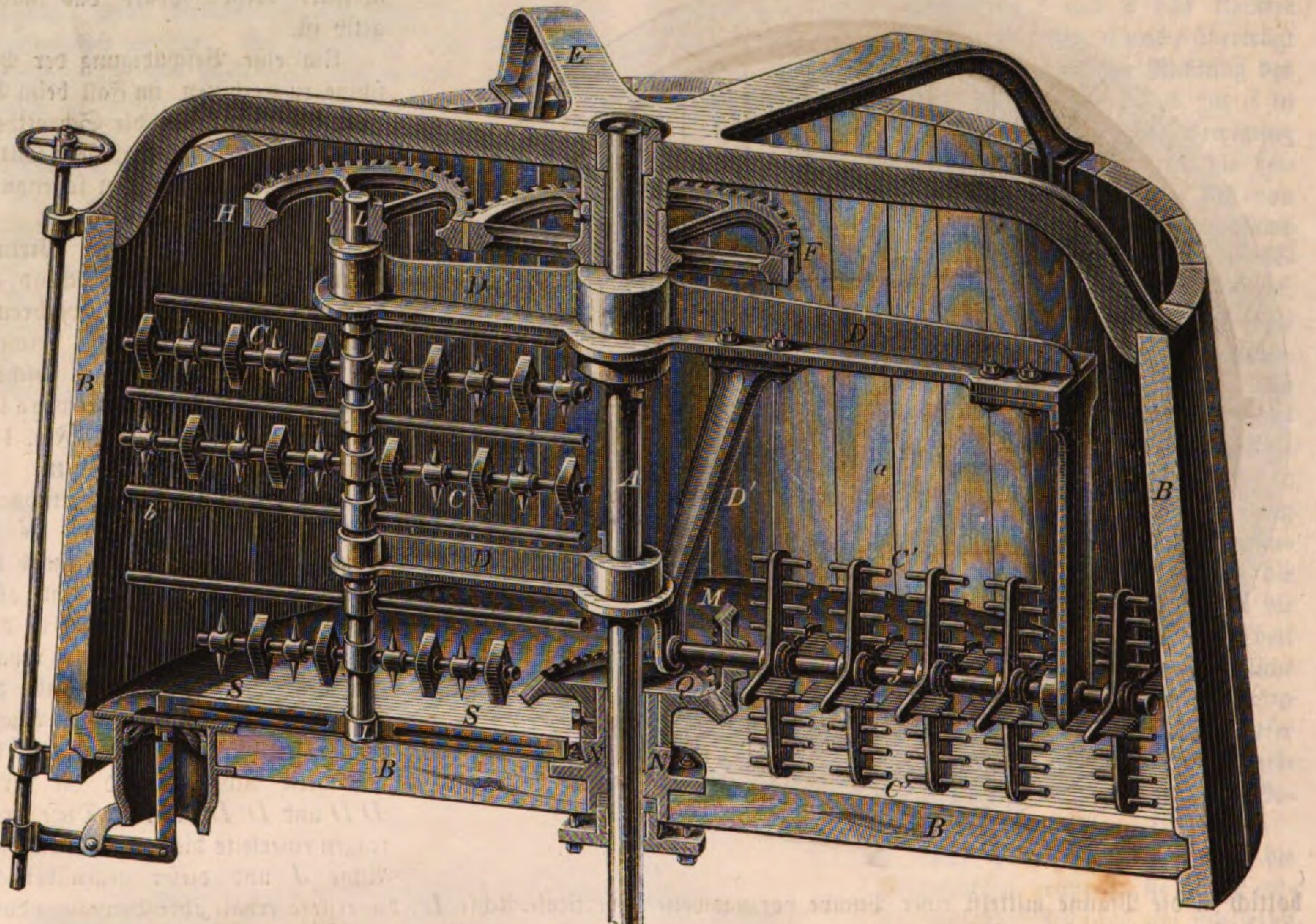
In der Mitte des Bottichs B geht durch eine Stopfbüchse N die Hauptachse A, welche unterhalb des Bottichs ihre Bewegung und oben über dem Rande des Bottichs in dem Bügelkranze E ihr Lager erhält. Sie geht hier durch die Nabe des Rades F, welches mit jenem Bügelkranze fest verbunden ist. Auf der verticalen Achse A sind die Arme DD und $D'D'$ verkeilt. Diese Arme tragen einerseits die horizontalliegende Achse J und dieser gegenüber die verticale Achse L; die erstere erhält ihre Bewegung durch das konische Rad M, welches in den feststehenden Zahnkranz Q greift, und die Achse LL wird durch das Stirnrad H gedreht, welches in den festen Zahnkranz F greift. Die Drehung der Achsen erfolgt, sobald dieselben durch A in Bewegung gesetzt werden. Auf der Achse J befinden sich die verticalen Kreuze C' und auf L die horizontalen Arme oder Flügel C. Es ist ersichtlich, daß bei der Drehung von A die Maische durch die in verschiedener Richtung erfolgende Bewegung aufs Innigste vermischt wird. Um auch die dicht am Boden sich ablagernden Mehltheile gut aufzurühren, ist die Achse L unten mit den beiden dicht am Boden hinschleifenden Schienen SS versehen. Die Transmission, wodurch die Achse A ihre Bewegung erhält, ist mit einer Bremsvorrichtung versehen, wodurch die Bewegung leicht beliebig zu reguliren ist und einer Beschädigung bei zu fester Umlagerung der Maschine durch die schweren Schrottheile vorgebeugt wird.

Bei der Anwendung einer solchen Maschine wird die Aufstellung eines besonderen Abseihbottichs fast eine Nothwendigkeit, da die Maschinentheile, welche von dem sich ablagernden Schrote bedeckt, kein gleichmäßiges Durchfließen der Würze, also auch kein gleichmäßiges Aussüßen oder Verdrängen des Gelösten aus den Trebern gestatten würden. Auch das Ausleeren der Treber wäre nur umständlich auszuführen.

In England trifft man zum Maischen in den Bierbrauereien ganz ähnliche Maschinen, wie sie in dem Artikel Alkohol (S. 227 Fig. 35) näher beschrieben wurden. In neuester Zeit wird jedoch statt jener complicirten und viel Kraft in Anspruch nehmenden Maschinen eine Vorrichtung angewandt, deren Zweckmäßigkeit für die Verarbeitung sowohl von größeren als kleineren Quantitäten alle Beachtung verdient.

Es besteht dieselbe aus einem einfachen nahezu horizontal liegenden Cylinder von Kupfer- oder Eisenblech

Fig. 175.



von 15 bis 18 Zoll oder 40 bis 50 Centimeter Durchmesser und 11 bis 17 Fuß oder 3,5 bis 4 Meter Länge, durch dessen Mitte der Länge nach eine Achse mit runden Zapfen oder Armen läuft. Der Cylinder ist an einem Ende ganz, am anderen aber nur zur Hälfte (die obere) geschlossen, durch den ganz geschlossenen Theil reicht die verlängerte Achse und ist hier mit einer Trieb- und Leerscheibe versehen, wodurch sie eine rasche Umdrehung erhält.

Mit dem offenen Theile mündet der Cylinder in das Maisch- oder Seihgefäß. Das oberhalb mittelst Walzen geschrotene oder zerdrückte Malz wird meist direct von der Mühle oder, wenn diese entfernt steht, mittelst einer Schnecke zur Einmaischung geführt und fällt hier durch einen Schlauch in den geschlossenen Theil des Cylinders, während das damit zu vermischende heiße Wasser am gleichen Theile aus einem höher stehenden Reservoir durch ein Hahnenrohr in der erforderlichen Menge zuzuleiten ist. Die rasche Drehung der Flügelachse bewirkt eine so vollkommene Vermischung des Schrots mit dem Wasser, wie sie mit keiner der bisher gebräuchlichen Maischmaschinen zu erlangen stand, dabei erfordert die Vorrichtung einen so unbedeutenden Kraftaufwand, daß ihre Bewegung selbst bei einem nicht kleinen Betriebe noch mit Hülfe eines Schwungrades leicht durch Handbetrieb möglich sein wird. Ein weiterer Vortheil, den die Maschine gewährt, besteht darin, daß man zum ersten Vermischen oder Maischen eine weit geringere Menge Wasser bedarf als bei anderen Maschinen, und dadurch eine größere Menge Wasser zum völligen Aussüßen der Treber verwenden kann, ohne eine schwächere Würze zu erhalten, deren Concentration mehr Brennmaterial erfordert. Da die Vorrichtung jedoch nur zur Vermischung des trocknen Schrots mit dem Wasser dient, so erscheint sie für die baierische Art der Würzegewinnung, bei der in den meisten Fällen ein wiederholtes Maischen oder Mischen der portionsweise stärker erhitzten Maische mit dem im Maischbottich zurückgebliebenen Theile stattfindet, weniger geeignet.

Immerhin bleibt die erste innige, gleichmäßige Vermischung des Schrots mit dem Wasser eine wesentliche Erleichterung des Maischprocesses und nach den in der Brauerei zu Hohenheim im letzten Winter mit einer solchen Maischmaschine erlangten Resultaten, worüber später das Nähere anzugeben ist, steht nicht zu zweifeln, daß diese einfache Vorrichtung auch in unseren Brauereien bald Eingang finden werde.

Die Förderung der Maische aus dem Maischbottich in die Pfanne geschieht in den größeren Brauereien jetzt fast allgemein nicht mehr durch Ueberschöpfen, sondern mittelst *einer* Pumpe, welche auch die dickeren Theile mitnimmt.

Die in Folgendem beschriebene Einrichtung einer solchen Maischpumpe ist als besonders zweckmäßig zu empfehlen. Fig. 176 und 177 zeigen die Pumpen mit ihren Verbindungen: *A* ist die Pfanne, *B* die Pumpe, *C* der Maischbottich, *D* der Grant. Der Pumpenstiefel *a*

Fig. 176.

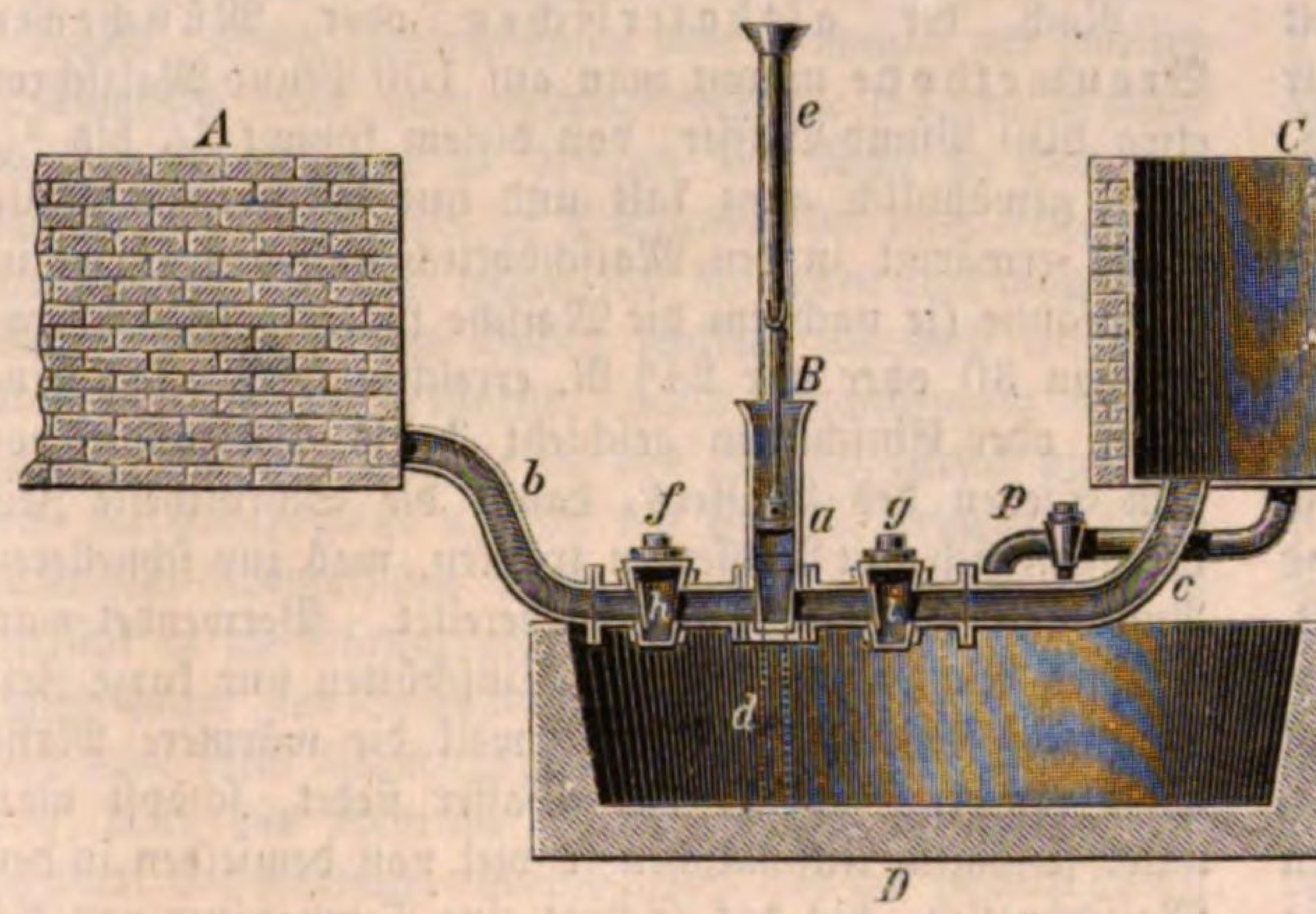
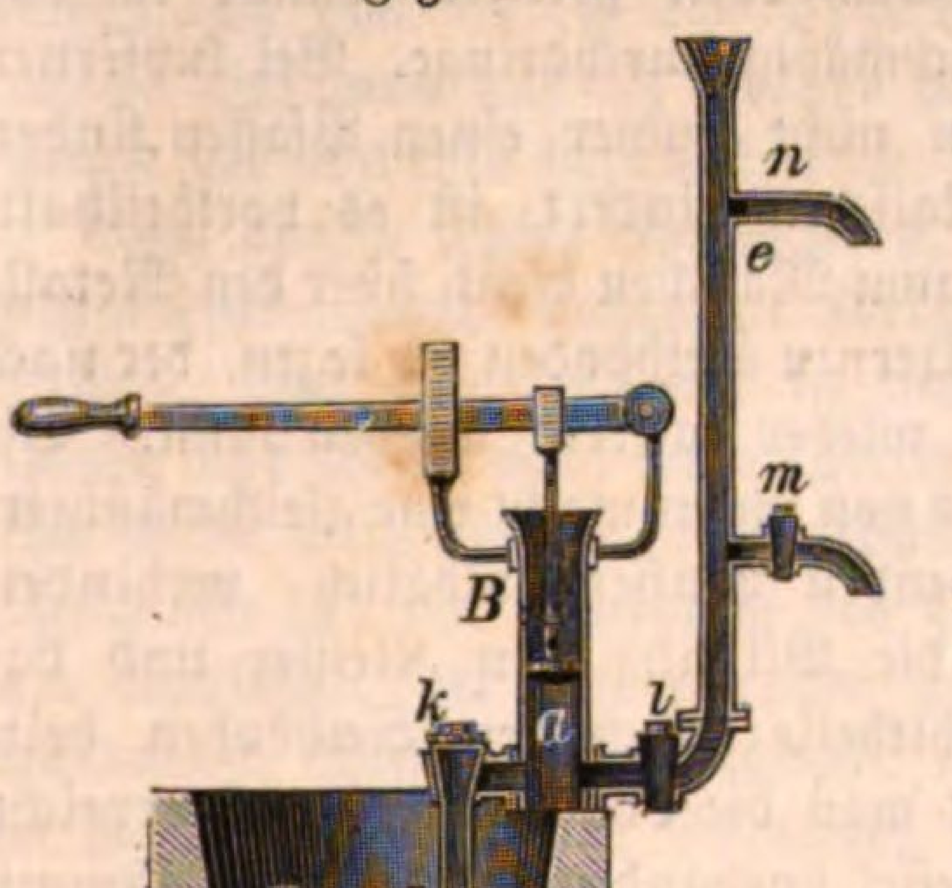


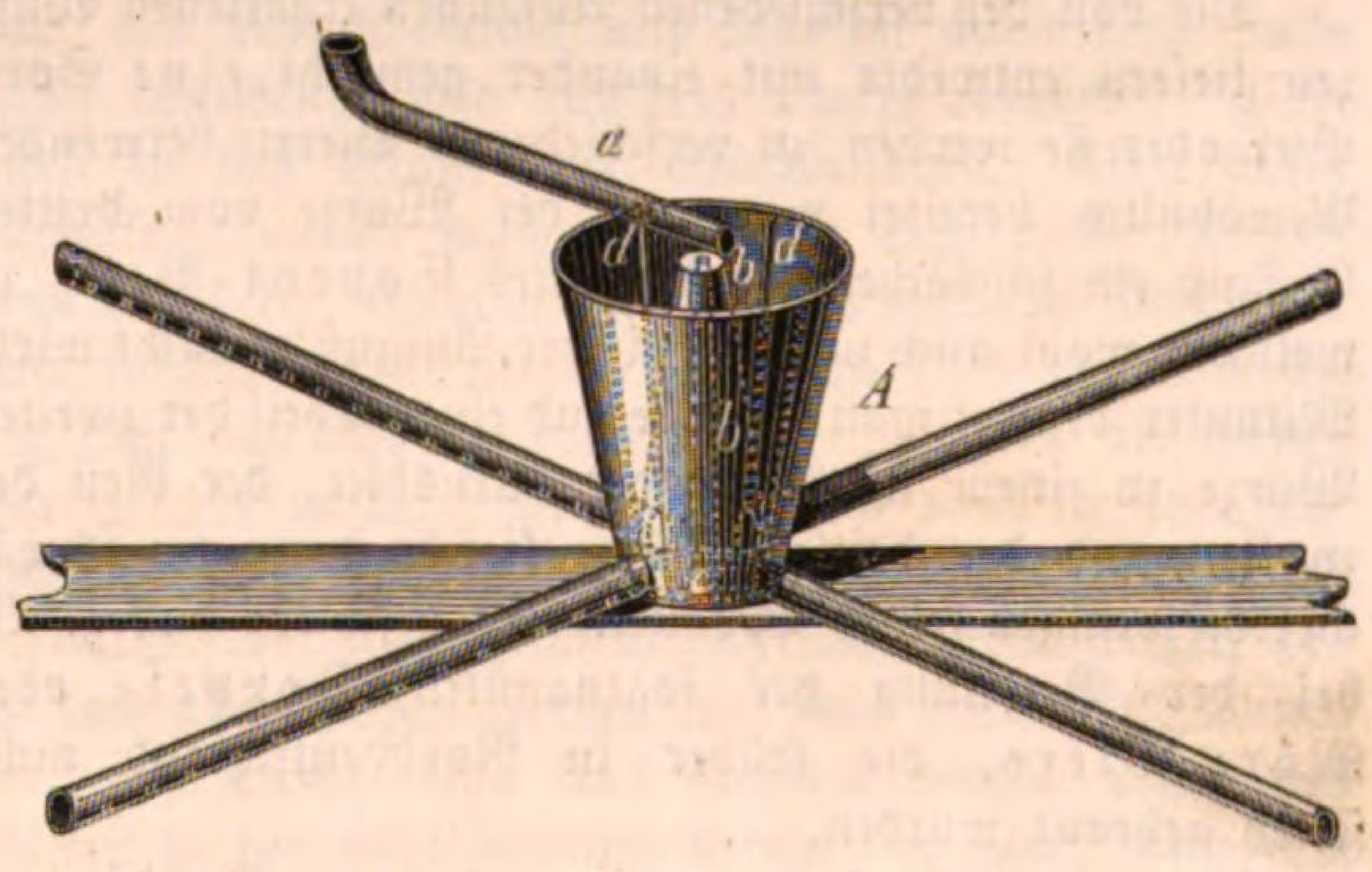
Fig. 177.



ist durch das Rohr *b* mit der Pfanne, durch das Rohr *c* mit dem Maischbottich, durch das Saugrohr *d* mit dem Grant und durch das Steigrohr *e* mit der Leitung zur Kühle verbunden. Die Hähne *f* und *g* der Verbindungsröhren *b* und *c* sind mit einfachen Klappenventilen *h* und *i* versehen, wodurch es möglich wird, nach erforderlicher Drehung der Hähne die Maische beliebig mittelst der Pumpe aus einem Gefäße in das andere zu übertragen, wobei natürlich die Verbindung der Pumpe mit dem Saugrohre *d* durch den Hahn *k*, die Verbindung mit dem Steigrohre *e* durch den Hahn *l* abgeschlossen ist. Da bei einer leicht ersichtlichen Stellung der Hähne *f* und *g* die Maische, auch ohne daß die Pumpe thätig ist, aus einem Gefäße in das andere übertritt, bis das Niveau in beiden Gefäßen hergestellt ist, so beansprucht die Pumpe hierdurch nur einen sehr geringen Kraftaufwand. Durch eine Vierteldrehung der Hähne *f* und *g* ist die Verbindung mit der Pfanne oder mit dem Maischbottich oder auch mit beiden ganz abzuschließen und es kann dann eine Flüssigkeit aus dem Grant in die Pfanne oder in den Maischbottich oder auch durch das Steigrohr *e* weiter gefördert werden. Soll im letzteren Falle die Würze durch das obere Rohr *n* auf die Kühle geschafft werden, so ist der Hahn *m* zu schließen. Endlich kann man mit dieser Pumpe auch die Würze direct aus dem Raume unterhalb des Seihbodens in die Pfanne bringen, wozu man das Rohr *d* an seiner Verbindung mit dem Hahne *k* abschraubt und diesen Hahn durch ein gebogenes Röhrstück *o* mit dem Ablaufrohre *p* in Verbindung setzt. Statt des hier angegebenen Handbetriebs ist die Pumpe auch für jede andere Betriebsart herzustellen.

Endlich ist hier noch der Vorrichtung zum Aussüßen der Treber zu erwähnen, welche in England wohl allgemein, aber auch bei uns in vielen Brauereien bereits Eingang gefunden hat. Es ist dies das sogenannte schottische Drehkreuz, im Wesentlichen ein Segner'sches Wasserrad. Fig. 178 zeigt dasselbe in seiner einfachsten Ausführung. *A* ist das Gefäß zur Aufnahme des anzuwendenden Wassers, welches hier durch das Rohr *a* zugeleitet wird. In der Mitte des Gefäßes befindet sich der oberhalb geschlossene, nach unten aber offene Conus *b*, worin sich oberhalb der Unterstützungs- und Drehungspunkt befindet, womit die Vorrichtung auf der Spitze einer Stange oder Spindel ruht, die sich in der Mitte der Leiste oder eisernen Schiene *cc* erhebt. Am unteren Theile von *A* münden vier, mitunter auch nur zwei Röhren ein, die nahezu bis an den Rand des Bottichs reichen, an den Enden durch eine Verschraubung oder einfach nur durch einen Stöpsel verschlossen, der ganzen Länge nach auf einer Seite mit einer Reihe kleiner Oeffnungen versehen sind, aus welchen das Aussüßwasser in feinen

Fig. 178.



Strahlen ausströmt. Da sich alle Oeffnungen auf derselben Seite der Röhren oder in einer Richtung befinden, so erfolgt durch den Rückstoß des Wassers eine Drehung des Gefäßes und dadurch eine gleichmäßige Vertheilung des Wassers auf der Oberfläche des Schrots oder der Maische. Um die Drehung des Apparats zu befördern, bringt man auf der inneren Fläche des Gefäßes *A* die Blechstreifen *dd* an und giebt dem durch das Rohr *a* zugeleiteten Wasser eine der Drehung des Apparats entsprechende Richtung gegen diese Streifen. Die Vorrichtung ist hauptsächlich da mit gutem Erfolge anzuwenden, wo man, wie in England, das Wasser zum Aussüßen nicht portionsweise anwendet, sondern die Treber stets von der Flüssigkeit bedeckt erhält; wobei es wesent-

lich darauf ankommt, daß die oberen Schichten der Flüssigkeit mit den unteren nicht vermischt werden, damit eine recht gleichmäßige Verdrängung der gelösten Theile erfolgt.

Was nun die speciellere Ausführung der verschiedenen Maisch- oder Braumethoden zur Herstellung der Würze betrifft, so können von diesen hier nur die wichtigeren und wesentlich verschiedenen angeführt werden, da unwesentliche Abweichungen die Zahl der Braumethoden noch über die Zahl der verschiedenen Biere steigern würden.

Bei der englischen oder Infusionsmethode wird das Malzschrot zunächst mit wenig Wasser von niederer Temperatur (40 bis 50° C.) eingeteigt und nach einiger Zeit durch den ersten Aufguß von siedendem Wasser die zur Zuckerbildung nöthige Temperatur von 60 bis 65° C. erreicht, worauf die Maische nach fleißigem Aufmaischen oder Rühren 1 bis 1½ Stunde in Ruhe bleibt. Man giebt dabei das kältere Wasser, etwa 1½fache Menge des Malzgewichts, zunächst in den Bottich und leitet nach gleichmäßigem Vermischen mit dem nach und nach zuzusetzenden Schrote das siedende Wasser womöglich durch den Seihboden zu, damit es leichter zu vertheilen ist und mit seiner höheren Temperatur nicht zu örtlich einwirkt. Nach 1- bis 1½stündiger Ruhe wird die erste Würze abgelassen und nachdem sie abgelaufen, das Malzschrot mit einer neuen Portion siedendem Wasser behandelt, wobei man eine möglichst hohe Temperatur zu erreichen sucht. Hat auch diese zweite Maische einige Zeit ruhig gestanden, so wird die zweite Würze abgelassen und es folgt dann in der Regel ein dritter Aufguß, wodurch eine noch schwächere Würze abläuft. Die Gewinnung einer hellen Würze macht eine längere Ruhe nöthig und läßt das Ablaufen derselben auch nicht beschleunigen.

Die von den verschiedenen Aufgüssen erhaltenen Würzen liefern entweder mit einander gemischt eine Sorte Bier oder sie werden zu verschiedenen Bieren verwendet. Gewöhnlich bereitet man aus der Würze vom dritten Aufguß ein schwächeres sogenanntes Covent-Bier, zu welchem wohl auch noch ein vierter Aufguß gemacht wird. Mitunter benutzt man die erste und einen Theil der zweiten Würze zu einem stärkeren oder Luxusbier, der Rest der zweiten und der dritten Würze liefern dann ein schwächeres, weniger feines Product. Es geschieht dies z. B. bei der Bereitung der sogenannten Doppel- oder März-Biere, die früher in Norddeutschland nicht selten gebraut wurden.

Die jedesmalige Trennung der erhaltenen Auflösungen verzögert die Operation des Maischens und läßt namentlich bei wärmerer Witterung und bei der Verwendung von schwachgedörrtem Malze sehr bald eine für die Haltbarkeit nachtheilige Säuerung eintreten, so daß diese Art der Würzegewinnung nur bei der Bereitung sehr starker Biere und bei solchen anwendbar wird, deren Eigenthümlichkeit durch den Eintritt jener Säuerung zum Theil bedingt wird. Es ist dies z. B. bei verschiedenen Weißbieren, dem Berliner Weißbier und Hannoverschen Broyhan, der Fall, die eine bemerkbare Menge Milchsäure enthalten müssen, wodurch sie ihren säuerlichen, erfrischenden Geschmack erhalten. Auch für Biere, welche schon wenige Tage nach ihrer Bereitung trinkbar sein sollen, wird diese Art der Würzegewinnung fast nöthig werden, um ihre Vergährung durch die Säuerung mehr zu beschleunigen.

Bei dem Koch- oder baierischen Maischverfahren unterscheidet man eine fränkische, eine schwäbische und eine altbaierische Art zu maischen. Sie weichen darin von einander ab, daß man die allmälige Steigerung der Temperatur entweder durch Erhitzen von einem Theile der bereits gewonnenen Würze (Kochen der Dünn- oder Lautermaische), oder durch die Erhitzung von einem Theile der Maische selbst (Kochen der Dickmaische) hervorbringt, oder daß man beide Erhitzungsarten zu gleichem Zwecke mit einander verbindet.

Nach der altbaierischen oder Münchener Braumethode nimmt man auf 100 Pfund Malzschrot etwa 800 Pfund Wasser; von diesem kommt ½ bis ⅔ Theil gewöhnlich ganz kalt und nur bei strenger Kälte etwas erwärmt in den Maischbottich und das übrige in die Pfanne (je nachdem die Maische später eine Temperatur von 30 oder nur 24° R. erreichen soll). Das Einteigen oder Einschütten geschieht 3 bis 4 Stunden vor dem Sieden des Wassers, damit die Schrottheile Zeit behalten, sich mit Wasser zu tränken, was zur schnelleren Auflösung und Zersetzung vorbereitet. Verwendet man warmes Wasser, so darf das Einschütten nur kurze Zeit vor dem Maischen geschehen, weil die wärmere Masse leicht säuert. Sobald das Wasser siedet, schöpft man unter fleißigem Aufmaischen so viel von demselben in den Maischbottich, bis das Schrot eine Temperatur von 24 bis 30° R. erreicht. Das Wasser wird dabei durch den Pfaffen unter den Seihboden geleitet, damit es das Malzschrot recht gleichmäßig durchdringe. Bei kupfernen Seihböden, wo man nicht immer einen Pfaffen findet, weil dieser beim Maischen hindert, ist es vortheilhaft, wenn keine Maschine zum Maischen dient, über den Metallboden noch einen hölzernen Seihboden zu legen, der nach dem ersten Maischen wieder entfernt werden kann. Die Zuleitung des Wassers von unten macht eine gleichmäßigere Vertheilung des siedenden Wassers möglich, verhindert dadurch auch mehr die Bildung von Kleister und das Durchfallen der Mehltheile durch den Seihboden beim ersten Maischen. Hat man die obige Temperatur erreicht, wozu das in dem Kessel vorhandene Wasser fast sämmtlich nöthig sein wird, so bringt man sogleich von dem dickeren Theil der Maische etwa ⅓ des Ganzen in den Kessel zurück. Hat man keinen Pfaffen und nur einen Seihboden, so wird noch vor dem Ueberschöpfen der Dickmaische durch den Zapfen oder Hahn so viel Flüssigkeit abgelassen, als der Raum unter dem Seihboden ungefähr faßt, damit die Flüssigkeit auch hier wechsle und nicht zu sehr erkalte; was abfließt, bringt man sogleich in die Pfanne, so daß diese nicht lange leer steht. Das Ablassen der Flüssigkeit aus dem bezeichneten Raume ist nach jedem Maischen aus dem angeführten Grunde zu wiederholen.

Hat man einen zweiten Seihboden, so wird dieser nach dem Ueberschöpfen der ersten Dickmaische aus dem Bottiche entfernt. Da die Flüssigkeit unter diesem Boden wärmer ist, so wird die Temperatur der Maische, wenn jene nach der Entfernung des Bodens damit vermischt wird, um so viel wieder erhöht, als sie durch die Abkühlung beim Ausschöpfen der Dickmaische verloren hat.

Die Dickmaische wird im Kessel unter fleißigem Umrühren, wozu man einen kupfernen Spaten anwendet, möglichst schnell erhitzt und das Kochen etwa ½ Stunde unterhalten. Hierauf bringt man die erste Dickmaische in den Maischbottich zurück und setzt das Aufmaischen auch nach dem Ueberschöpfen noch ¼ Stunde fort, damit die leichteren und feineren Mehltheile von den schwereren Schrottheilen vollständig getrennt werden. Das Ganze soll durch diese erste Dickmaische eine Temperatur von 45 bis 50° C. erreichen.

Gleich nach Beendigung des Maischens wird abermals ⅓, meist etwas mehr, von der Dickmaische zum Sieden gebracht. Beim Ueberschöpfen oder Pumpen zur zweiten Dickmaische sucht man vorzugsweise die dickeren Maischtheile in die Pfanne zu bringen und kocht sie hier auch länger, nicht selten bis zu 2 Stunden bei recht lebhaftem, gleichmäßigem Feuer, damit sich die festen oder ungelösten Schrottheile nicht zu Boden senken, wodurch leicht ein Anbrennen erfolgen könnte. Nach hinreichendem Kochen kommt diese Dickmaische in den Bottich zurück und soll hier die Temperatur auf 60 bis 63° C. steigern. Nach tüchtigem Aufmaischen wird nur die sogenannte Lautermaische in die Pfanne gebracht, dazu aber nicht die Flüssigkeit durch den Seihboden abgezogen, sondern nur, statt daß man beim Ueberschöpfen der flüssigen Maische mehr das Dicke des Schrots in die Pfanne brachte, wird diesmal das Flüssigere übergeschöpft und die Pfanne damit fast bis zur Hälfte gefüllt, oder so viel darin erhitzt, als nöthig ist, das Ganze durch diese letzte Maische auf eine Temperatur von 73 bis 75° C. zu bringen. Die Lautermaische läßt man nur ¼ Stunde sieden, da keine weitere Lösung des Schrots bezweckt wird.

Nach diesem letzten Aufmaischen, das aus dem letzten angegebenen Grunde anhaltend fortzusetzen ist, bleibt die Maische etwa 1½ Stunde in Ruhe stehen, während Pfanne und Grant recht sauber gereinigt werden. Erstere wird dann mitunter, bis eine größere Menge der Würze abgelaufen ist, zur Erhitzung des Wassers benutzt, was zum Aussüßen der Treber oder zur Gewinnung einer schwächeren Würze zum Nachbier, sowie zur Reinigung der Fässer und Bottiche, Abbrühen der Kühle rc. nöthig ist. In der Regel hat man hierzu eine kleinere besondere Pfanne. Nach Verlauf jener Zeit läßt man die klare Würze in den Grant und bringt sie von hier gewöhnlich mittelst einer Pumpe in die Pfanne.

Sollte die Würze anfangs etwas getrübt erscheinen, so giebt man sie in den Maischbottich zurück. Bei gutem Malze, zweckmäßigem Seihboden und richtiger Behandlung wird dies Zurückzugebende sehr wenig sein.

Ist die Würze so weit abgezogen, daß die Treber oberhalb trocken erscheinen, so werden die feinen Mehltheile oder der Teig abgenommen.

Bei der Bereitung von Sommerbier oder der stärkeren Sorte der baierischen Biere verwendet man zum Aussüßen der Treber zunächst auf 100 Pfund Malzschrot etwa 30 Pfund Wasser, die man möglichst gleichmäßig auf das Schrot gießt. Beim Winterbier oder der schwächeren Sorte des baierischen Bieres wird aber eine doppelt so große Menge Wasser zum Ueberschwenken oder Anschwänzen, wie man es nennt, genommen. Beim Sommerbier werden die Treber, nachdem die Würze vom Anschwänzwasser abgelaufen ist, nochmals mit 50 bis 60 Pfund Wasser auf 100 Pfund übergossen und die davon gewonnene schwächere Würze zu einem Nachbier, in München Schöps genannt, verwendet. Nachdem auch diese Würze von den Trebern abgelaufen, übergießt man sie gewöhnlich noch mit 30 bis 40 Pfund (auf 100 Pfund des angewandten Schrots) kaltem Wasser und erhält dadurch das sogenannte Glattwasser, das entweder an Branntweinbrenner verkauft oder in der Brauerei selbst mit dem gewonnenen Malzteige vermischt auf Branntwein verarbeitet wird.

Nach der Augsburger Methode oder Brauen auf Satz verfährt man in folgender Art: Auf 100 Pfund Malzschrot bedarf man, da die Maischen weniger gekocht und auch weniger bearbeitet werden als bei der vorhergehenden Methode, nur 600 bis 700 Pfund Wasser, je nachdem man Sommer- oder Winterbier bereiten will. Von diesem Wasser wird so viel, meist kalt oder bei strenger Kälte etwas erwärmt, in dem Maischbottich mit dem Schrote vermischt, daß dieses nach dem Umrühren oder Einteigen völlig durchnäßt oder zu einer gleichmäßigen Masse verarbeitet werden kann. Sehr häufig geschieht dies Anfeuchten des Schrots auch auf die Art, daß man zunächst etwas Hopfen auf den Seihboden streut, das trockne Malzschrot gleichmäßig darüber ausbreitet und dieses dann mit dem Wasser übergießt, ohne es damit durchzuarbeiten. Den Hopfen verwendet man, theils um damit zu vermeiden, daß das feinere Schrot durch die Oeffnungen unter den Seihboden fällt, hauptsächlich aber, um eine schnelle Säuerung der Mehltheile zu verhüten, die sich dennoch unter dem Seihboden absetzen; das übrige Wasser wird im Kessel zum Kochen gebracht. 4 bis 5 Stunden nach dem Einteigen öffnet man den Zapfen oder Hahn des Maischbottichs und läßt die unter dem Seihboden befindliche und aus dem Malze ablaufende Flüssigkeit in den Grant oder Würzbrunnen. Von dieser Flüssigkeit, welche man den kalten Satz nennt, worin Eiweiß, Zucker, Gummi und Diastas aufgelöst sind, giebt man, sobald das Wasser siedet, einige Maß in den Kessel und läßt das Wasser damit, je nachdem es als härter oder weicher zu bezeichnen ist, längere oder kürzere Zeit, gewöhnlich aber eine halbe Stunde sieden, wodurch beim Gerinnen des Eiweißstoffes die Verunreinigungen des Wassers abgeschieden werden, die man durch Abschäumen entfernt. Bevor man das geklärte Wasser durch den Pfaffen in den Maischbottich bringt, ist hier, nach dem völligen Ablaufen des kalten Satzes, das Malzschrot durch Umstechen recht gleichmäßig aufzulockern, damit sich das heiße Wasser leichter gleichmäßig darin vertheile. Man arbeitet das Schrot erst durch, nachdem es von dem unten aufsteigenden Wasser ganz gehoben wurde, und beeilt das Ueberschöpfen des Wassers nicht sehr, damit die Temperatur, die 60 bis 65° C. erreichen soll, recht allmälig steigt. Viele Brauer unterbrechen deshalb auch wohl die Arbeit, damit das Schrot Zeit behalte, sich besser zu lösen.

Nach erlangter Temperatur und tüchtigem Aufmaischen bleibt die Maische ¼ Stunde in Ruhe, während man den Bottich bei einem Betriebe, wo die äußere Abkühlung größer ist, auch wohl bedeckt.

Zu diesem ersten Maischen wird man das vorge-

schriebene Quantum Wasser bedürfen; sobald die nöthige Menge davon übergeschöpft oder ausgepumpt ist, giebt man den Rest des kalten Satzes in die Pfanne. Hierauf wird die erste Würze in den Grant gelassen und von hier in die Pfanne gebracht. Um recht bald eine klare Würze zu erhalten, läßt man sie, wie schon früher angegeben, anfangs etwas stärker abfließen, so daß die mehligen Theile mehr mit fortgerissen werden. Von der gewonnenen klaren Würze werden dann auf 100 Pfund Schrot etwa 24 bis 32 Quart ungekocht auf die Kühle gebracht und hier möglichst schnell abgekühlt, um sie gegen einen nachtheiligen Einfluß zu schützen.

Diese Würze, welche man den warmen Satz nennt, wird später, vor dem Kochen mit Hopfen, mit dem übrigen wieder vereinigt. Ihre vorläufige Absonderung bezweckt, dem zu gewinnenden Biere eine größere Milde und einen erhöhten Glanz zu verschaffen, was sie durch Bewirkung einer kräftigeren Gährung zu verursachen scheint. Die Güte dieser Würze bedingt die des Bieres; sie soll ganz hell und glänzend oder blank sein und einen reinen süßen Geschmack haben; man erkennt an ihrer Beschaffenheit die Güte des angewendeten Malzes sehr genau.

Man läßt gewöhnlich nur $^2/_3$ der ersten Würze von dem Schrote rasch abfließen und bringt sie in der Pfanne langsam zum Kochen. Der Schaum, welcher sich dabei bildet, wird so lange abgenommen, als er sich in größerer Menge zeigt; die Würze kommt hierauf durch den Pfaffen in den Maischbottich zurück und wird hier mit dem Schrote wieder gut vermischt, wodurch eine Temperatur von 60 bis 65° C. erreicht werden soll. Das Durcharbeiten oder Aufmaischen ist anhaltend fortzusetzen, theils um die Temperatur schon während des Ueberschöpfens der Würze zu mäßigen, theils aber auch, damit die Theile unter einander recht in Berührung kommen, was die Auflösung derselben wesentlich zu befördern scheint. Nach fleißigem Aufmaischen bringt man dann sogleich den dicken Theil der Maische in den Kessel zurück. Sollte der Kessel nicht sämmtliche Maische fassen, so läßt man etwas von der Flüssigkeit in den Grant, damit von dem Schrote nichts zurückbleibt.

Die Dickmaische wird im Kessel möglichst rasch zum Kochen gebracht und dabei fleißig gerührt, damit sie nicht anbrennt. Man läßt sie gewöhnlich nur 1 bis 2 Stunden sieden. Als Zeichen des hinreichenden Siedens sind anzunehmen: daß sich kein Schaum mehr bildet, daß sich eine kleine Probe der Flüssigkeit schnell klärt und daß diese eine dunklere Farbe zeigt.

Nach hinreichendem Sieden wird das Feuer gedämpft und die Dickmaische in den Bottich oder Seihbottich zurückgebracht, wo sie mit der noch etwa zurückgebliebenen Würze aus dem Grant fleißig aufgemaischt wird. Dieses anhaltende Aufrühren der Masse bezweckt vorzugsweise die Trennung der schwereren, gröberen Theile von den leichteren und feineren, welche ersteren sich früher in der Ruhe auf dem Seihboden ablagern und dadurch die Gewinnung einer klaren, schnell abfließenden Würze befördern. Die Temperatur der Maische soll mindestens 70° C. betragen.

Ist der Kessel leer, so wird er, wenn nicht noch eine zweite Lautermaische gemacht werden soll, sauber gereinigt und dann mit dem Satze von der Kühle gefüllt. Kommt noch eine zweite Lautermaische, was aber überflüssig und auch selten der Fall ist, so wird gleich nach dem Ueberschöpfen der Dickmaische die Würze abgelassen und diese nochmals bis zum Sieden erhitzt, dann aber sogleich mit dem Schrote im Maischbottich vermischt, wo das Ganze 1 bis $1^1/_2$ Stunde in Ruhe bleibt.

Während dieser Zeit werden Kessel und Grant sauber gereinigt und, wie schon angegeben, der Satz von der Kühle in den Kessel gebracht. Mit dem Satze giebt man auch sogleich den nöthigen Hopfen in die Pfanne. Nach Verlauf von $1^1/_2$ Stunde läßt man die klare fertige Würze mit Vorsicht, daß nicht Trübes abläuft, in den Grant und bringt sie von hier in den Kessel, wo sie mit dem Satze und Hopfen langsam erhitzt und zu Bier verkocht wird.

Das Aussüßen der Treber oder die vollständige Gewinnung der Würze geschieht, wie bereits angegeben, durch mehrere Aufgüsse von kaltem oder auch heißem Wasser, nachdem vorher der Malzteig abgenommen wurde. Bei der Bereitung des Sommerbieres verwendet man von der durch diese Aufgüsse gewonnenen Würze nur wenig und benutzt sie gewöhnlich zu einem schwächeren Biere. Zum Winterbiere wird dagegen mehr davon genommen. Was zuletzt abfließt, wird als Glattwasser verwerthet.

Das hier beschriebene Verfahren wird noch häufig in den kleineren Brauereien in Schwaben angewandt, wo man aber nur selten von der ersten Würze einen Theil auf die Kühle bringt, weil man die Nachtheile fürchtet, die namentlich bei wärmerer Witterung durch die Aufbewahrung einer ungekochten Würze entstehen können, die aber bei großer Reinlichkeit und namentlich bei Verwendung eines guten, stärker gedarrten Malzes, wie es zur Bereitung des baierischen Bieres nöthig ist, nicht so leicht eintritt.

Die dritte Methode des baierischen Verfahrens ist die fränkische, wobei man gewöhnlich auf folgende Weise verfährt: Das Malzschrot wird trocken eingeschüttet; sobald das Wasser im Kessel siedet, wird dieses mit kaltem Wasser abgeschreckt, d. h. auf 80 bis 85° C. abgekühlt, dann durch den Pfaffen in den Maischbottich gegeben und mit dem Malzschrote fleißig durchgearbeitet. Das Ueberschöpfen des Wassers darf dabei nicht zu rasch erfolgen und es muß tüchtig aufgemaischt werden, damit die Temperatur nicht zu schnell steige, weshalb man auch zu diesem ersten Maischen schon den ganzen Wasservorrath bedarf, der hier auf 100 Pfund Schrot, je nach der Stärke des Bieres, 600 bis 700 Pfund beträgt. Die Temperatur der Maische soll 62 bis 63° C. zeigen. Die erste Würze wird nach kurzer Ruhe in den Grant abgelassen und in der Pfanne zum Sieden gebracht, was man in der Regel $^3/_4$ Stunden unterhält. Nach dieser Zeit und fleißigem Abschäumen bringt man diese Lautermaische nochmals durch den Pfaffen in den Maischbottich zurück, so daß das Schrot dadurch eine Temperatur von 75° C. erlangt. Nach tüchtigem Aufmaischen bleibt die Maische 1 Stunde auf der Ruhe, wie man es nennt, wonach die fertige Würze abgelassen oder die sogenannte Hopfenwürze gezogen wird. (Bei dieser Methode wird der Hopfen sehr häufig mit einer kleinen Portion der zuerst abfließenden Würze im Kessel eine halbe Stunde allein gekocht,

was dem Biere einen eigenthümlichen Geschmack ertheilt.)

Zum Aussüßen des Schrots verwendet man in der Regel nur kaltes Wasser und bereitet dort, wo diese Methode früher allgemein Anwendung fand, wie z. B. in Bamberg und Umgegend, aus der dadurch gewonnenen Würze ein Bier, das dort den Namen Hansl führt.

Wenn auch die hier angegebenen Braumethoden manche Verschiedenheiten zeigen, so werden doch der Hauptsache nach nicht sehr ungleiche Resultate erhalten, sobald nur das Wesentliche zur Erreichung des Zweckes im Auge behalten wird. Dieser Zweck ist, wie schon angegeben, die Zersetzung des Stärkemehls in Gummi und Zucker und die Auflösung und Gewinnung dieser Bestandtheile. Die Lösung und Zersetzung werden aber am sichersten durch eine langsame Steigerung der Temperatur und die Gewinnung der gelösten Theile durch eine zweckmäßige Behandlung des Malzschrots am vollständigsten erreicht. Welche von diesen angegebenen Methoden in diesen Beziehungen den Vorzug verdient, ist ohne Berücksichtigung der näheren Umstände nicht zu entscheiden, da sie alle unter Umständen den verlangten Anforderungen entsprechen können. Die Extraction durch bloße Aufgüsse, wie dies schon früher angegeben, gestattet sowohl die nöthige allmälige Steigerung der Temperatur, als auch namentlich die vollständige Gewinnung der gelösten Theile, indem das Malz zuletzt mit einer größeren Menge Wasser behandelt werden kann. Allein die leichte Säuerung der ungekochten Maischen macht dieses Verfahren bei ausgedehntem Betriebe, wo das Ablaufen der Würze eine längere Zeit erfordert, weniger empfehlenswerth. Durch die späteren schwächeren Würzen werden die zuerst gewonnenen besseren nicht selten verdorben, so daß nach diesem Verfahren nicht wohl ein schwächeres Bier recht haltbar herzustellen ist. Aus den späteren Würzen läßt sich dann aber nur ein schnell zu consumirendes Getränk bereiten, wie dies in England und Norddeutschland sehr häufig der Fall ist. Das baierische Maischverfahren kostet dagegen weit mehr Arbeit und durch die Anwendung einer großen Menge Wasser, was beim Kochen und dem häufigen Maischen wieder verdunstet, mehr Brennmaterial, sichert dagegen aber auch durch das Kochen der Maischen viel mehr die Güte der Würzen, indem diese durch die höhere Temperatur von den leicht zersetzbaren Stoffen (Eiweiß, Kleber u. s. w.) mehr befreit werden. Die Trennung dieser Bestandtheile oder die Veränderung, welche sie bei erhöhter Temperatur erleiden, macht es auch möglich, nach diesem Verfahren ein schwächeres Bier haltbar zu erzeugen. Zugleich bewirkt das Kochen des Malzschrots eine leichtere und vollständigere Trennung der aufgelösten Bestandtheile von den ungelösten Trebern, wodurch die ganze Operation schneller und sicherer von Statten geht. Die meiste Sicherheit im Erfolge gewährt in dieser Beziehung die altbaierische Braumethode, welche man deshalb auch am häufigsten bei größeren Betrieben angewendet findet. Sie kostet mehr Arbeit und Brennmaterial, als die Augsburger und fränkische, nach welchen man ein feineres Product zu gewinnen glaubt und welche sich besser für einen kleineren Betrieb eignen.

Die Augsburger Methode verbindet zum Theil die Vortheile der englischen Braumethode mit denen der baierischen, indem bei ihr durch den Zusatz der ungekochten Würze (den warmen Satz) ein milderes, schön glänzendes Bier erhalten wird und das Kochen der Dickmaische die schnellere Gewinnung der Würze gestattet. Die fränkische Methode findet die wenigste Anwendung, da sie sich nur für einen solchen Betrieb eignet, wo man eine größere Menge Nachbier gewinnen will und das bessere Bier einen größeren Gehalt haben soll. Es wurden nach dieser Methode in Franken viele der Biere bereitet, denen das baierische Bier sein Renommee im Auslande verdankt, wie z. B. das Kulmbacher Bier, welches früher allgemein nach dieser Methode gebraut wurde.

Außer den erwähnten giebt es auch noch einige Abweichungen bei der Bereitung der Würze zu dem baierischen Biere, wie z. B. das Maischen in der Pfanne, wobei Schrot und Wasser bei niedriger Temperatur in der Pfanne vermischt werden; durch gelindes Feuer wird nach und nach unter fleißigem Rühren eine höhere Temperatur erreicht, die man nach erlangter vollständiger Zuckerbildung bis zum Sieden steigert, bevor man die Maische zum Abfließen der Würze in den Maisch- oder Seihbottich bringt. Nicht selten findet man in den kleineren Brauereien zur Ausführung dieses Maischverfahrens die auf Seite 776 in Fig. 169 angegebene Maischmaschine in der Pfanne selbst angebracht. Wie später zu ersehen, ist dieses „Maischen in der Pfanne" dasselbe Verfahren, welches schon seit mehr als 20 Jahren in der Hohenheimer Brauerei zur Bereitung des Kartoffelbieres angewandt wird*).

Ein dem altbaierischen Maischverfahren sehr ähnliches ist das in Böhmen und angrenzenden Ländern gebräuchliche. Hier wird das Malzschrot auch zunächst nahezu mit dem ganzen anzuwendenden Quantum Wasser und zwar kalt oder, wie im Winter, bis auf 40° C. erwärmt, im Maischbottiche vermischt, dann mit einem kleinen Theile des Wassers, etwa $^1/_5$ des zuerst angewandten, welches zum Kochen gebracht, gemaischt und nach diesem die meist sehr kleine Pfanne wiederholt mit der dickeren Schrotmasse gefüllt, gekocht und nach dem Kochen mit der übrigen Maische wieder vermischt, bis endlich das Ganze die Temperatur von 75° C. im Maischbottich erreicht hat.

Die Zahl der wiederholten Dickmaischkochungen ist dabei abhängig von der Größe der Pfanne, die nicht selten kaum den fünften Theil des Maischquantums faßt. Eine so kleine Pfanne macht es hier dann auch nicht immer möglich, das ganze Quantum der gewonnenen Würze auf einmal in der disponiblen Pfanne mit dem Hopfen zu kochen. Es findet deshalb das böhmische Maischverfahren hauptsächlich unter solchen Verhältnissen Statt, wo man mit einer kleinen Pfanne viel Bier zu bereiten hat. Das dadurch bedingte Maischverfahren zeigt sich an der Güte des Products nicht gerade nachtheilig, wenn es auch demselben eine gewisse Eigenthümlichkeit ertheilt. Die schnelle und anhaltende Erhitzung kleiner Portionen der Maische machen das Bier reich an substanziösen nicht leicht zersetzbaren Theilen.

Die relative Menge des in den gewonnenen Würzen enthaltenen Extracts giebt sich durch die Prüfung mit

*) S. Hohenheimer Wochenblatt Nr. 11 vom Jahre 1845.

einem Procenten-Saccharometer in den meisten Fällen hinreichend genau zu erkennen. Die absolute Menge des gewonnenen Extracts ist daraus leicht zu berechnen; sie gewährt eine Vergleichung mit der verbrauchten Malzmenge und macht dadurch eine richtige Controle in Bezug auf die Güte des Malzes und über die Zweckmäßigkeit der ausgeführten Operation möglich.

Die Menge des aus dem Malze gewonnenen Extracts beträgt, je nach der Güte des verwendeten Materials und der mehr oder weniger vollständigen Extraction, zwischen 55 und 65 Proc. Aus 100 Pfund frisch gedörrtem Malz werden in der ungekochten Würze bei guter Extraction leicht bis 70 Proc. Extract erhalten, welche Menge sich nach dem Kochen in der auf die Kühle zu bringenden Würze auf 60 bis 65 und wenn sie zur Gährung kommt, auf 56 bis 60 Proc. vermindert, eine Differenz, die durch die Abscheidungen beim Kochen und Kühlen entsteht.

In der Hohenheimer Bierbrauerei, wo für den Zweck des Unterrichts jährlich die verschiedenen Maischmethoden in Anwendung kommen, wurde bisher in Betreff der Qualität und Quantität der gewonnenen Würzen kein wesentlicher Unterschied bemerkt. Beschaffenheit und Menge des verwendeten Malzes oder Schrots und mehr oder weniger pünktliche Ausführung zeigten hierbei allein erhebliche Unterschiede; jedoch beschränkt sich der Betrieb hier auf die jedesmalige Verwendung von nur 500 Pfund Malzschrot, wobei die Vortheile und Nachtheile der verschiedenen Methoden weniger bemerkbar werden.

Für die gleichzeitige Gewinnung verschiedener Biere bei ein und demselben Gebräu, wie dies in der Hohenheimer Brauerei meist der Fall ist, hat sich das nachfolgende Verfahren bewährt.

Die mit dem Maischbottiche in gleicher Höhe stehende Braupfanne faßt hier 670 Maß (würtemb.), circa 1100 Berliner Quart, und jener nahezu das Doppelte. Der Maischbottich hat einen Seihboden von Messing. Zu dem von diesem bedeckten Raume läßt ein Rohr von außen beim Maischen das Wasser von unten nach oben zuleiten.

Der zwischen dem Maischbottiche und der Pfanne befindliche Grant ist von Stein, aber mit Kupfer ausgelegt. Vor dem Brautage werden Abends spät zunächst etwa 250 Maß kaltes Wasser in den Maischbottich gebracht und mit diesem die 500 Pfund Malzschrot vermischt. Sobald Morgens die Heizung des Kessels beginnt, läßt man den Rest der Flüssigkeit, welcher von dem Malze nicht aufgesogen ist, in den Grant ablaufen; erscheint das Ablaufende klar, so werden davon etwa 80 Maß in einem ausgepichten Gefäße zur vorläufigen Aufbewahrung abgesondert. Von dem zuerst abgelaufenen dünneren und weniger reinen kalten Extract kommen etwa 20 Maß in das Wasser, bevor dies den Siedpunkt erreicht. Beim Kochen scheiden sich dann durch diesen Zusatz, welcher viel Pflanzeneiweiß enthält, alle Verunreinigungen des Wassers als Schaum ab, wodurch das Wasser sehr weich und zur Auflösung geeignet wird, wenn es ursprünglich viel erdige Theile enthalten sollte.

Während das Wasser siedet, wird das Schrot durch Umstechen aufgelockert und nach dem Klären von dem Wasser so viel durch das bezeichnete Rohr unter den Seihboden geleitet, bis das Schrot unter fleißigem Aufmaischen eine Temperatur von 60° C. erlangt hat. Man braucht dazu fast den ganzen Inhalt des Kessels, circa 650 Maß. Ist die gewünschte Temperatur erreicht, so wird das fleißige Aufmaischen noch ein wenig fortgesetzt (etwa zweimal 30 Aufmaischungen) und dann bleibt die Masse kaum eine halbe Stunde in Ruhe, bis man den Hahn zum Abfluß der Lautermaische öffnet. Die anfangs trübe ablaufende Würze kommt sofort in die Pfanne, die inzwischen bis zur Hälfte wieder mit Wasser gefüllt wurde; sobald die Würze aber hell und rein abläuft, wird sie im Grant, der zuvor sauber gereinigt, als fertige Würze, wenn nur eine Sorte Bier gebraut werden soll, aufbewahrt oder zur Darstellung eines Luxusbieres, wie das Bockbier, sogleich in einer besonderen Pfanne verkocht.

Ist die zu diesem Biere hinreichende Menge Würze abgeflossen oder hat inzwischen das Wasser in der Braupfanne mit der hinzugegebenen trüben Würze den Siedpunkt wieder erreicht, so wird, unberücksichtigt der etwa noch in dem Schrote enthaltenen Würze, aufs Neue gemaischt, d. h. die Flüssigkeit aus der Pfanne in den Maischbottich gebracht und hier mit dem Schrote anhaltend vermischt, dann aber sogleich die sämmtliche Maische mit dem Schrote in die Pfanne und hier zum Kochen gebracht. Nach dem Ueberschöpfen dieser Dickmaische ist der Maischbottich vollständig zu reinigen, wobei auch der Seihboden aufgenommen werden kann, um hier alle durchgeschlämmten Mehltheile zu entfernen. Das Kochen der Dickmaische ist so lange fortzusetzen, bis die Würze zwischen den Schrottheilen recht hell erscheint oder sich schnell „bricht“, worauf nun die Maische in den Maischbottich zurückkommt. Nach fleißigem Aufmaischen und nach etwa einstündiger Ruhe, wobei man den Maischkasten gut bedeckt, ist die fertige Würze abzulassen. Sobald die Pfanne leer ist, wird sie sauber gereinigt und mit der im Grant zurückgebliebenen Würze gefüllt. Um diese Würze während des Dickmaischkochens und der wiederholten Maischungen gegen jeden nachtheiligen Einfluß zu schützen, vermischt man dieselbe, sowie sie in den Grant abläuft, mit etwas Hopfen, von dem man auf der Oberfläche der Würze gleich eine ölige Schicht bemerkt, die jeden nachtheiligen Einfluß der Luft abzuhalten scheint.

In der Zeit von einer Stunde läuft die Würze rein ab; was zuerst noch etwas getrübt abfließt, wird mit Vorsicht in den Maischkasten zurückgegeben, das Uebrige aber so schnell als möglich abgelassen, um wenig Zeit zu verlieren. Aus dem Grant kommt alles Abgelaufene in die Pfanne, womit man dann auch etwa 50 Maß des reservirten kalten Extracts vermischt, das Feuer aber nicht weiter verstärkt, als nöthig ist, um nach dem Einbringen der letzten Würze recht bald das Sieden zu erlangen. Bevor nicht sämmtliche Würze beisammen ist, soll das Sieden nicht eintreten, damit sich die klärende Wirkung des kalten Satzes auf die ganze Würze erstrecken kann. Nach dem Abschöpfen der durch die Klärung ausgeschiedenen Verunreinigungen erfolgt der Zusatz des Hopfens, wovon hier 5 bis 6 Pfund auf das Gebräu kommen, was etwa 3 Eimer Sommerbier giebt.

Von der gewonnenen Würze wird so viel in die Pfanne gebracht, als man davon in dieser zu kochen vermag. Bei ihrem Inhalte von etwa 4 Eimer kommen später ungefähr 3½ Eimer zur Gährung. In der Regel

reicht hierzu die von den Trebern ablaufende Würze hin; was davon noch übrig bleibt, kommt dem Nachbiere zu gute. Zu diesem Nachbier wird all die Würze verwendet, welche aus dem Malze zu verdrängen oder zu extrahiren ist. Zu diesem Zwecke entfernt man zunächst den Oberteig von den Trebern und lockert diese durch Umstechen im Maischbottich recht gleichmäßig auf. Der Teig wird sofort mit siedendem Wasser vermischt. Nachdem die Treber wieder gleichmäßig geebnet sind, werden sie mit einem hölzernen Seihboden bedeckt und der mit heißem Wasser vermischte Teig wieder aufgegossen, dem dann noch so viel Wasser nachfolgt, als zum Bedecken der Treber nöthig wird. Der inzwischen geschlossene Hahn des Seihraums kann dann bald wieder geöffnet werden, damit die Würze möglichst rasch abzieht. Nach diesem folgt noch ein zweiter Aufguß, meist nur von kaltem Wasser. Zur Nachwürze werden im Ganzen etwa 300 Maß verwendet, was hinreicht, die Treber vollständig auszulaugen. Man erhält in der Regel über 300 Maß Nachwürze von etwa 4 Procent Extractgehalt, während die erste Würze 10 bis 11 Procent davon enthält. Um den Gehalt der Nachwürze zu vermehren, vermischt man damit etwa 50 Pfund guten Syrup aus der hiesigen Rübenzuckerfabrik von den raffinirten Nachproducten. Die schwächere Würze kommt zum Sieden in die Pfanne, sobald die stärkere auf die Kühle gebracht wurde. Das Fertigkochen der ersten Würze erstreckt sich selten über 2 Stunden, dagegen wird die Nachwürze 3 bis 4 Stunden gekocht und noch länger in der Hitze erhalten, was den Malzgeschmack vermehrt und den eigenthümlichen Geschmack des Syrups in etwas vermindert oder verdeckt; auch erhält das Bier durch die längere Einwirkung einer höheren Temperatur mehr Glanz, was hier sehr geschätzt wird.

Zur Begründung des angegebenen Maischverfahrens ist Folgendes anzuführen: Die Behandlung des Schrots mit kaltem Wasser bezweckt eine gute Vorbereitung zur besseren und schnelleren Auflösung durch das Erweichen seiner Bestandtheile. Die Anwendung von kaltem Wasser gestattet hierzu eine längere Zeit, ohne den Eintritt einer Säuerung befürchten zu lassen. Eine Trennung der von dem Malze nicht aufgesogenen Flüssigkeit wird hier nöthig, weil im anderen Falle die zur Gewinnung einer stärkeren Würze nur noch anzuwendende Wassermenge nicht hinreichen würde, um mit dem kalten Schrote die Temperatur von 60 bis 65° C. zu erreichen, welche nöthig ist, um sogleich eine hinreichende Auflösung zu erlangen. Ferner erhält man in dem gewonnenen Extracte ein schätzbares Klärungsmittel sowohl für die Reinigung des Wassers, als für die der fertigen Würze. Jene läßt alle die Vortheile der Anwendung eines weichen, von erdigen Theilen befreiten Wassers erlangen, was den ganzen Maischproceß sehr erleichtert. Die möglichste Beschleunigung sichert aber das Gelingen des ganzen Brauprocesses oder die Güte und namentlich die Haltbarkeit des Bieres. Nicht minder wird dies durch die Verwendung jenes kalten Malzextracts zum Klären der fertigen Würze erreicht; denn je reiner diese gewonnen wird, um so weniger Stoffe finden sich darin, welche durch die weitere Veränderung, die auch sie bei der Gährung erleiden, die Haltbarkeit und vorzüglich den reinen Geschmack des Bieres beeinträchtigen würden.

Die Erfahrung lehrt vielfältig, daß die geringsten Beimischungen sehr wesentlich den Geschmack unserer gegohrenen Flüssigkeiten verändern, indem diese ja auch durch jene ihre Eigenthümlichkeit erhalten.

Die Trennung der in dem kalten Auszuge befindlichen Stoffe, vorzugsweise Zucker, Eiweiß und Diastas, erweist sich hier aus mehrfachen Gründen eher nützlich als schädlich. Das Eiweiß, als der am leichtesten einer Veränderung unterworfene Bestandtheil, befördert die schnellere Säuerung (Milchsäurebildung) des gelösten Stärkemehls und Zuckers; seine Entfernung kann deshalb bei dem Maischprocesse nur vortheilhaft sein, während das Eiweiß in dem kalten Extracte so leicht keine Veränderung erleidet. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem ihm ganz nahe verwandten Diastas, dessen Abscheidung von dem Malze auf den ersten Blick zwar als schädlich erscheint, indem dem Malze dadurch derjenige Stoff entzogen wird, der ja die Eigenschaft besitzt, das Stärkemehl des Malzes in Gummi und Zucker überzuführen. Das Diastas besitzt diese Eigenschaft aber in so hohem Grade, und es bleibt davon bei der Verwendung von nur gemalztem Getreide so reichlich zurück, daß hier kein Mangel an demselben entsteht. Es scheint im Gegentheil die theilweise Trennung dieses Stoffs von der übrigen Maische mehr die Bildung von dem sich erst später oder nach und nach zur Alkoholbildung geeigneten Gummi erreichen zu lassen, wodurch wir zugleich ein mehr substanziöses Bier erhalten, welches in diesem Stoffe das Material zur fortdauernden Kohlensäurebildung in größerer Menge besitzt und dadurch viel substanziöser und weniger weinig wird.

Der geringere Gehalt an Alkohol läßt aber eine größere Menge von solchem Bier consumiren, was gegenwärtig die gesuchteste Eigenschaft des Bieres ist.

Endlich wird noch durch diese kalte Extraction dem Malze viel von seinem feineren, eigenthümlichen Aroma oder Malzgeschmack entzogen, der später dem Biere wieder mitgetheilt wird, durch die Trennung aber viel besser reservirt bleibt, als wenn diese Stoffe den ganzen Maischproceß mit durchzumachen hätten, wo sie bei den verschiedenen Kochungen doch immer mehr oder weniger verloren gehen.

Die durch den ersten heißen Aufguß sogleich zu erlangende Steigerung der Temperatur bis zur Zuckerbildung dürfte hier weniger nachtheilig werden, da die Behandlung des Malzes mit dem kalten Wasser eine vollständige Durchdringung aller Mehltheile mit dem löslichen Diastas bewirkt und dadurch, selbst bei einer raschen Steigerung der Temperatur, eine Kleisterbildung nicht befürchten läßt.

Soll die gewonnene erste Würze zu einem Luxusbier verwendet werden, so erhält man durch die reine Infusion des Malzes eine Würze, worin nur die feineren Theile des Malzes in Lösung kommen, was dieser Würzegewinnung für solche Biere einen besonderen Vorzug gewährt. Da hier nicht sämmtliche Würze zur Verwendung kommt, das völlige Ablaufen derselben also nicht erst abzuwarten ist, so vermeidet man dabei auch die Nachtheile, welche bei ungekochten Würzen durch Verzögerung ihres vollständigen Ablaufens leicht zu befürchten sind. Eben so gestattet die Verwendung der zunächst abfließenden Würze zu den weiteren Operationen eine noch größere Beschleu-

nigung, als dies möglich ist, wenn zuvor das Ablaufen einer klaren Flüssigkeit abzuwarten nöthig wird. Die Trennung dieser ersten Würze von der weiteren Behandlung des Schrots schützt sie und das daraus zu gewinnende Bier gegen die nachtheiligen Einwirkungen, welche mit den weiteren Operationen zur völligen Extraction des Schrots etwa verbunden sind, wie z. B. das Kochen der Dickmaische, im Fall dies die Feinheit des Geschmacks beeinträchtigen sollte.

Das Kochen der Dickmaische in einer durch den weiteren Wasserzusatz verdünnten Würze läßt die Vortheile, welche dieses Kochen gewährt, in höherem Grade erlangen. Die Auflösung der Schrottheile wird eine vollständigere und die Trennung der Würze von den ungelöst bleibenden Hülsen kann um so rascher erfolgen, je weniger concentrirt die Auflösung ist.

Die Absonderung der concentrirten Lösung gestattet hier noch den Vortheil, die sämmtliche Maische in die Pfanne bringen zu können, wodurch es möglich wird, den Maischbottich vollständig auszuleeren und ohne Unterbrechung des ganzen Processes dieses Gefäß nochmals zu reinigen. Es wird dies von besonderem Werth, da selbst bei den feinsten Oeffnungen der Seihplatten sich unter denselben Mehltheile absondern, die bei der Anwendung von nur einem Gefäße zum Maischen und Abseihen nicht nur der Auflösung entgehen, sondern noch weit größere Nachtheile durch leichte Säuerung herbeiführen. Die Reinigung des Maischgefäßes gewährt demnach alle die Vortheile der Anwendung eines besonderen Seihgefäßes.

Zu den Vortheilen der Gewinnung eines Nachbieres gehört die Vermeidung der Verwendung der durch die völlige Extraction erhaltenen Nachwürzen zum Hauptbiere, dessen Haltbarkeit durch eine Verzögerung des Processes, namentlich bei wärmerer Witterung, sehr beeinträchtigt wird; ferner gestattet sie, unberücksichtigt der in dem Malze zurückbleibenden Würze, die bereits gewonnene zur weiteren Behandlung zu bringen. Was von der besseren Würze in den Trebern zurückbleibt, geht nicht verloren, indem es dem Nachbiere noch zu gute kommt. Die völlige Extraction läßt die in dem Malze gelösten Theile viel höher verwerthen, als durch die Verwendung zur Gewinnung von Branntwein, was in so vielen Brauereien noch vorkommt, weil man weder Arbeit noch Brennmaterial in seinem vollen Werthe dabei zu berechnen pflegt, wenn überhaupt hierüber eine Rechnung angestellt wird.

Was endlich die Beimischung von Syrup betrifft, so läßt diese aus einer so schwachen Würze, wie man sie unvermeidlich bei der vollständigen Extraction des Schrots erhält, ohne erheblichen Aufwand an Brennmaterial, noch ein recht gehaltvolles Bier erlangen, was durch diesen Zusatz nicht vertheuert wird, in seiner Qualität und Haltbarkeit aber viel gewinnt. Der Syrup ertheilt dem Biere eine beliebte, dunklere Färbung, viel Glanz und macht es dadurch einladender. Nach der Gährung verliert sich der eigenthümliche Geschmack des Syrups je nach seiner Reinheit mehr oder weniger, es müßte denn der Syrup sehr schlecht sein; dabei behält das Bier nach der Gährung ein größeres specifisches Gewicht, so daß es im Verhältniß zu seiner ursprünglichen Concentration viel gehaltvoller erscheint. Würzen von nur 8 Procent zeigen nach der Gährung selten unter 3 Procent, also eben so viel, als die reinen Malzbiere von einer 10procentigen Würze. Ein solches Bier findet für einen verhältnißmäßig geringen Preis einen raschen Absatz, da die arbeitende Classe mehr Werth auf die Menge, als auf die Reinheit des Geschmackes legt.

Außer dem Syrup bieten auch die Kartoffeln einen geeigneten Zusatz, um ein billigeres und haltbares Bier zu erzeugen, worüber unten das Nähere angeführt werden wird.

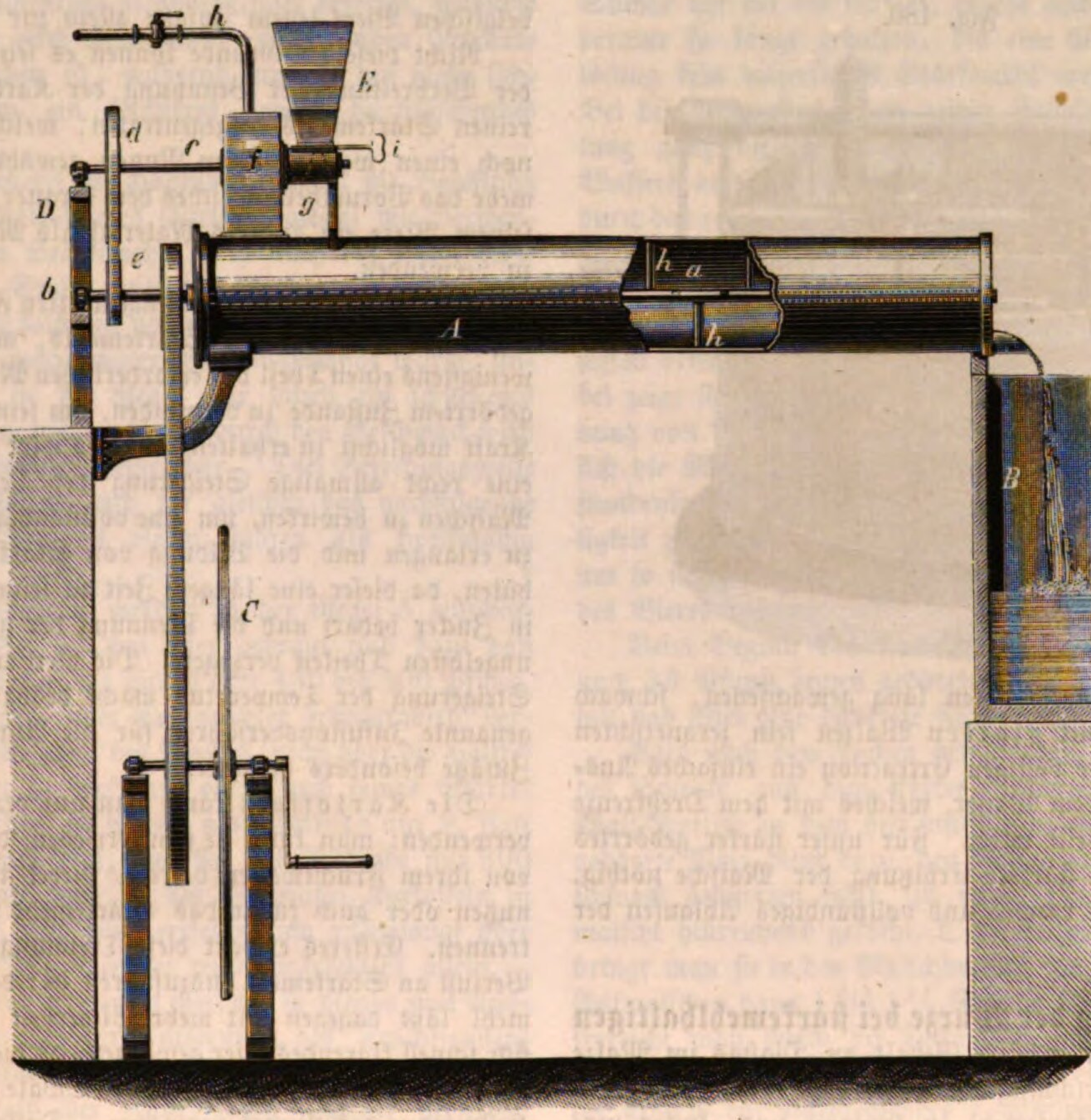
Noch bleibt hier das Verfahren zu erwähnen, welches mit Anwendung der neuen englischen Maischmaschine in Hohenheim ausgeführt wird und für die Bereitung des baierischen Bieres als geeignet erscheinen dürfte.

Fig. 179 zeigt die Aufstellung der Maschine. *A* ist der Cylinder von $2\frac{1}{2}$ Meter Länge und 36 Centimeter Durchmesser, er mündet in den Maischbottich *B*, seine Achse *a* wird durch das Schwungrad *C* mit der Hand getrieben; das Gestell *D* trägt das äußere Achsenlager *b* für die Achse *a*; die Zuführung des Schrots erfolgt durch den Trichter *E*; die Achse *c* dient zur gleichmäßigen Zuführung des Schrots aus dem Trichter, sie wird durch die Riemrollen *d* und *e* von der Achse *a* aus getrieben und reicht durch den Schlauch *f* und durch das Rohr *g* bis unter den Trichter *E*. Hier ist diese Achse mit einem Schneckengange versehen, der bei ihrer Drehung das Schrot aus dem Trichter durch das Rohr *g* in den Schlauch *f* und von hier in den Cylinder *A* fördert. Gleichzeitig führt hier das Rohr *h* das zum Einmaischen bestimmte Wasser zu, dasselbe wird mittelst einer Pumpe aus der Pfanne, wo seine Temperatur am einfachsten zu reguliren ist, nach Bedarf zugeleitet. Im unteren Theile des Trichters *E* ist ein kleiner Blechschieber *i* angebracht, wodurch sich auch hier die Menge des zuzuführenden Schrots reguliren läßt. Der Cylinder *A* liegt nahezu horizontal, nach dem Maischbottiche zu nur wenig geneigt; die Stellung der Zapfen oder Arme *h* auf der Achse *a* bilden zwei gegen einander wirkende Schraubengänge, so daß die Maische bei der Drehung der Achse theils vor-, theils rückwärts gefördert wird, welches ihre gute Vermischung wesentlich herbeiführt. Die Achse erhielt hier nur etwa 120 bis 150 Umdrehungen in der Minute, dürfte aber besser gegen 200 Umdrehungen erhalten.

Wasser und Schrot wurden in einem Verhältniß zugeleitet, daß auf 1 Theil Schrot 4 bis höchstens 5 Theile Wasser kamen und die Masse im Maischbottich nicht über 60° C. zeigt, wozu das zugepumpte Wasser gegen 90° C. in der Pfanne haben mußte. Die Einmaischung von 500 Pfund Schrot erfolgt hier innerhalb 45 Minuten. Gleich nach beendigter Einmaischung mit der Maschine wurde die Temperatur der Maische durch den Zusatz von siedendem Wasser noch auf 65° C. erhöht, nach kurzer Zeit die Würze rasch abgeseiht und in der Pfanne gekocht. Nach dem Abschäumen kam die Würze in den Maischbottich zurück, um hier eine Temperatur von 75° C. zu erlangen, bei welcher dann die Maische auf der Ruhe blieb und später ein rasches und reines Abseihen der hellen Würze gestattete. Die gewonnene Würze zeigte bereits 11 Proc. Extract, während sie sonst in der Regel nicht über 10 Proc. enthält; die größere Concentration entstand zunächst durch das geringere Quantum des zum

Maischen verwendeten Wassers. Das Aussüßen der Treber erfolgte rasch, so daß dazu kein größeres Quantum Wasser nöthig wurde, um eine gleich gute Extraction zu erlangen. Die gewonnene Extractmenge in der auf die Kühle zu bringenden Würze, also nach dem Kochen, betrug 60 Proc. des trocknen Malzgewichts, was gleichfalls mit den Resultaten anderer Einmaischungen übereinstimmt und vorzugsweise durch die Beschaffenheit des Malzes bedingt wird; nur wird es aus einem Malze leichter als aus einem anderen, die gleiche Menge Extract zu gewinnen.

Fig. 179.



Je vollständiger der Mehlkern durch die Keimung verändert oder durchmälzt und je feiner der Mehlkern beim Schroten zerdrückt wurde, desto leichter und rascher wird die Auflösung der überhaupt lösbaren Theile des Malzes erfolgen. Bei einem lang gewachsenen und schwach gedörrten Malze trägt das Kochen der Dickmaische wenig dazu bei, eine größere Menge Extract zu gewinnen, während diese Operation bei einem kurz gewachsenen und stärker gedörrten Malze eine bemerkbare Menge Extract in kürzerer Zeit mehr gewinnen läßt.

Macht die Beschaffenheit des Malzes und die gewünschte Beschaffenheit des Bieres ein Dickmaischkochen nöthig, so wäre dies, bei der Anwendung der erwähnten Maschine, wohl auf die Weise vorzunehmen, daß man von der ersten Würze nur so viel in den Grant ablaufen ließe, um das in dem Maischbottich Zurückbleibende sämmtlich in die Pfanne bringen zu können, welches man dann nach dem Kochen wieder mit der abgelaufenen Würze im Maischbottiche vereinigte; oder man würde auch nur einen Theil der dickeren Maischtheile in die Pfanne bringen und mit diesem die Temperatur der zurückgebliebenen Maische erhöhen.

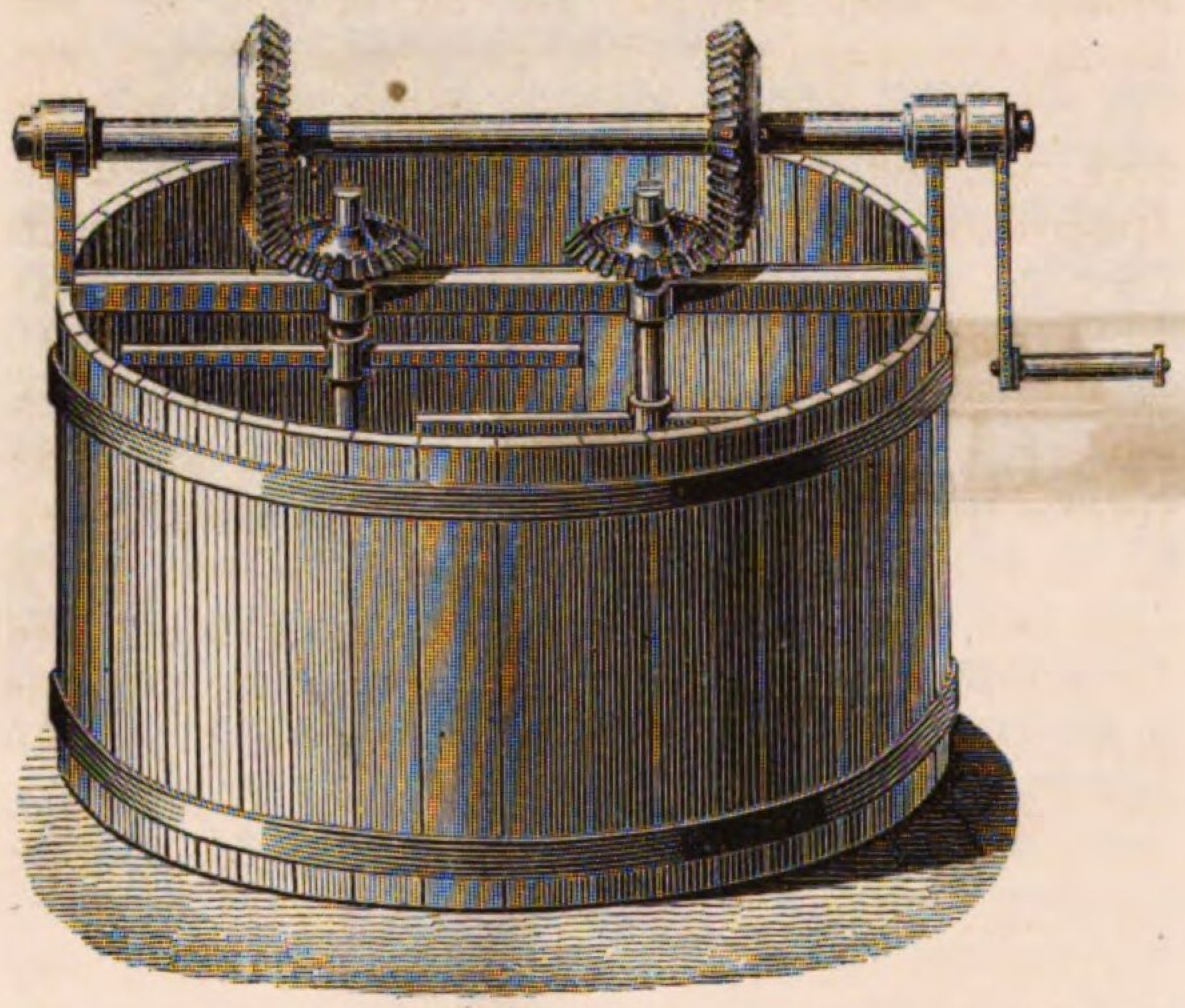
Die Anwendung einer solchen Maischmaschine macht immerhin nur ein Maischgefäß nöthig, welches als Seihgefäß dienen kann, da sich hier, nach dem Vermischen des Schrots mit dem Wasser mittelst der Maschine, keine Mehltheile unter den Seihplatten absetzen. Man würde bei diesem Verfahren ein wiederholtes Maischen nicht wie in England entbehren können; dazu scheint für den größeren Betrieb, bei dem die Anwendung von Maschinen überhaupt auch nur einen Nutzen gewährt, eine höchst einfache Rührvorrichtung, wie wir sie in England an einer Buttermaschine kennen gelernt, als sehr empfehlenswerth. Dieselbe besteht aus zwei verticalen Flügelachsen, die in einem ovalen Gefäße sich so drehen und in einer solchen Entfernung von einander stehen, daß ihre Flügel abwechselnd in einander greifen, die Flügel der einen Achse aber nahezu die andere Achse berühren oder nahe daran herstreifen. Durch diese Stellung und Drehung der Achsen werden aber alle dickeren Maischtheile, die sich in den Achsen ablagern wollen, weggeholt oder fortgeschafft.

Fig. 180 giebt eine Ansicht dieser Rührvorrichtung, deren Einrichtung wohl keiner weiteren Beschreibung bedarf. Ihre Einfachheit würde es gestatten, dieselbe nach

jedem Gebrauche aus dem Bottich zu entfernen, um den Abfluß der Würze und das spätere Ausleeren der Treber, sowie das Reinigen des Gefäßes auf keine Weise zu hindern.

In England findet bei der Anwendung der erwähnten Maschine kein weiteres Aufmaischen des Schrots Statt,

Fig. 180.



bei dem dort angewandten lang gewachsenen, schwach gedörrten und mit glatten Walzen fein zerquetschten Malze genügt zur völligen Extraction ein einfaches Aussüßen mit siedendem Wasser, welches mit dem Drehkreuze gleichmäßig vertheilt wird. Für unser stärker gedörrtes Malz wird eine stärkere Erhitzung der Maische nöthig, ohne welche kein rasches und vollständiges Ablaufen der Würze erfolgt.

Gewinnung der Würze bei stärkemehlhaltigen Zusätzen. Der größere Gehalt an Diastas im Malze oder dessen überschüssige zuckerbildende Kraft, wodurch dasselbe mehr Stärkemehl in Gummi und Zucker verwandeln kann, als davon in der gemalzten Frucht enthalten ist, macht es möglich, ohne wesentliche Beeinträchtigung der Güte des Bieres einen Theil des Malzes durch rohes Getreide oder durch andere stärkemehlhaltige Substanzen zu ersetzen, insoweit diese nicht Nebenbestandtheile enthalten, welche dem Biere eine Eigenthümlichkeit ertheilen, die es für den Genuß minder angenehm machen.

Nach den Angaben von Balling gewährt die Darstellung des Bieres aus einer Mischung von roher und gemälzter Frucht, in Bezug auf die größere Ausgiebigkeit an löslichen Theilen oder Extract, einen nicht unerheblichen Vortheil, indem 100 Pfund rohe Gerste eben so viel Extract liefern, als 100 Pfund Malz, zu deren Darstellung 125 Pfund rohe Gerste gehören. Balling giebt den Ertrag an Extract aus 100 Pfund Mais oder Weizen, die sich außer der Gerste am besten als Zusatz eignen, zu 70 bis 72 Proc. an. In Betreff des Geschmacks soll die Verwendung des rohen Getreides durch zuvoriges Auslaugen und nachheriges schwaches Darren weniger beschränkt werden, da es vorzugsweise die durch Einweichen zu entfernenden Stoffe sind, welche den Geschmack des Bieres beeinträchtigen. In der That ist die Verwendung des rohen Getreides mit Gerstenmalz gemengt in Belgien zum Bierbrauen schon lange gebräuchlich. Es mag wohl sein, daß das schlechte Renommee der belgischen Biere, wenigstens für unseren Geschmack, die Schuld trägt, daß man bis jetzt in Deutschland, so viel bekannt, auf jenen Vortheil verzichtete, obgleich gar kein Grund vorliegt, daß das weniger Einladende der belgischen Biere jenem Zusatze allein zur Last fällt.

Nicht dieselben Gründe können es sein, welche bisher der Verbreitung der Benutzung der Kartoffeln oder des reinen Stärkemehls entgegentraten, welche Verwendung noch einen weit größeren Nutzen gewährt. Hier ist es mehr das Vorurtheil, welches dem Brauer nicht erlaubt, zu seinem Biere ein anderes Material als Malz und Hopfen zu verwenden.

Die Verwendung einer ungemälzten Frucht, der Kartoffeln oder des reinen Stärkemehls, macht es nöthig, wenigstens einen Theil des erforderlichen Malzes in schwach gedörrtem Zustande zu verwenden, um seine zuckerbildende Kraft möglichst zu erhalten; eben so wird es dabei nöthig, eine recht allmälige Steigerung der Temperatur beim Maischen zu bewirken, um eine vollständige Zuckerbildung zu erlangen und die Bildung von Stärkekleister zu verhüten, da dieser eine längere Zeit zu seiner Umwandlung in Zucker bedarf und die Trennung der gelösten von den ungelösten Theilen verzögert. Die hier nöthige allmälige Steigerung der Temperatur macht deshalb auch das sogenannte Infusionsverfahren für die Anwendung solcher Zusätze besonders geeignet.

Die Kartoffeln kann man auf verschiedene Weise verwenden; man kann sie fein zerrieben, durch Auslaugen von ihrem Fruchtwasser befreit, direct in Substanz benutzen oder auch zuvor das Stärkemehl von den Fasern trennen. Ersteres erspart diese Trennung, die nicht ohne Verlust an Stärkemehl auszuführen ist; das reine Stärkemehl läßt dagegen mit mehr Sicherheit ein haltbareres, sich schnell klärendes Bier gewinnen, da die bloß zerriebene Faser oft größere Stücke von der Schale enthält, die das Hellwerden des Bieres verzögern. Dasselbe ist der Fall bei der von Balling empfohlenen Verwendung der zuvor getrockneten und dann gemahlenen Kartoffeln, die sich weit schwerer vollständig zersetzen und weit mehr Arbeit erfordern.

Ohne wesentliche Beeinträchtigung des reinen Biergeschmacks läßt sich das Malz nur etwa zur Hälfte durch solche Zusätze vertreten oder ersetzen. Nach Balling geben 100 Pfund Stärkemehl 90 Pfund Extract und 100 Pfund Kartoffelmehl 81 Pfund Extract. In der Hohenheimer Brauerei werden durch 2 Simri oder durch 100 Pfund Kartoffeln 1 Simri oder 25 Pfund Malz ersetzt, wonach 100 Pfund Kartoffeln 15 Pfund Extract liefern. Der Ertrag von 1 Morgen zu 300 Simri oder 150 Ctnr. Kartoffeln giebt hiernach den Ersatz für 150 Simri Malz, während 1 Morgen Gerste kaum 50 Simri Malz liefert. Diese Angaben und Vergleichungen dürften genügen, die Wichtigkeit einer solchen Verwendung zu erkennen. Dabei wird, wie eine langjährige Erfahrung in Hohenheim zeigt, durch diesen Zusatz ein weit haltbareres Bier erzeugt, weil dasselbe weniger reich an leicht zersetzbaren Bestandtheilen ist. Für die mehr nördlichen Gegenden bietet die Bereitung des Malz-Kartoffel-Stärke-

mehl-Bieres aber ganz besondere Vortheile, weil dort der Kartoffelbau weit vortheilhafter ist als der Getreidebau, jene also auch weit billiger und dabei von besserer Qualität producirt werden, die größere Haltbarkeit des Bieres dort aber bei dem Mangel guter Keller von besonderem Werth sein muß. Die billigere Herstellung läßt dasselbe auch stärker, namentlich alkoholhaltiger bereiten, wodurch dem Bedürfniß nach einem mehr erwärmenden Getränke eher zu entsprechen ist, während man in den mehr südlichen Gegenden ein leichteres, mehr durstlöschendes Getränk bedarf.

In der Brauerei zu Hohenheim findet die Bereitung des Kartoffel-Malz-Bieres jährlich, sowohl mit Verwendung des reinen Stärkemehls, als auch des nur ausgelaugten Breies Statt, und das Product ist schon vom reinen Malzbiere kaum zu unterscheiden. Ob reines Stärkemehl oder nur ausgelaugter Brei angewandt wurde, unterscheidet sich in der Regel nur durch ein schnelleres Blankwerden im ersteren Falle, durch den Geschmack wird selten ein Unterschied bemerkbar. Die Bereitungsweise ist in beiden Fällen auch die gleiche; das nachfolgende Verfahren hat sich seit vielen Jahren als zweckmäßig bewährt.

In einem Gebräu werden in der Regel 3 würtemberger Eimer oder 6 Ohm Bier gebraut und dazu von reinem Malz 18 bis 20 Simri oder 450 bis 500 Pfund, je nachdem Winter- oder Sommerbier gebraut wird, verwendet. Soll ein Theil des Malzes (nicht über die Hälfte) durch Kartoffeln in Substanz oder durch reines Stärkemehl ersetzt werden, so nimmt man statt 18 nur 9, statt 20 nur 10 Simri Malz und für das Fehlende nur 900 bis 1000 Pfund oder 18 bis 20 Simri Kartoffeln in Substanz, d. h. nur fein zerrieben und ausgelaugt oder auch das davon abgeschiedene reine Stärkemehl allein.

Soll der Brei verwendet werden, so dienen zum Auslaugen desselben oder zur Entfernung des Fruchtwassers die hier vorhandenen Netze des Dombasle'schen Macerations-Apparats der Zuckerfabrik. Statt derselben kann man einfach den Seihbottich der Brauerei dazu verwenden, wenn dieser 24 Stunden vor dem Brauen disponibel ist, auch jedes andere Gefäß, in welchem man einen durchlöcherten Boden anbringen kann, läßt sich dazu benutzen. Der schon mit einem größeren Zusatze von Wasser gewonnene Brei wird in dem Gefäße mit so viel Wasser übergossen, daß man ihn bequem durchrühren kann, worauf man das erste Wasser sogleich ablaufen läßt; man leitet dasselbe dabei in einen Zuber oder Gefäß, worin sich das allenfalls mit fortgeschlämmte Stärkemehl schnell absetzt. Hierauf wird der Brei mit einer neuen Portion Wasser aufgerührt und nach einiger Zeit wieder davon getrennt. Diese Waschung ist noch einige Mal zu wiederholen, bis das Wasser nicht mehr gefärbt abläuft; der Fruchtsaft ist dann vollständig entfernt. Von dem zu verwendenden Malze sind 5 Simri schwach und 4 Simri stärker gedörrt.

Beim Beginn des Brauprocesses wird die etwa 4 Eimer oder 8 Ohm fassende Pfanne ganz mit Wasser gefüllt und auf 80 bis 90° C. erhitzt. Hierauf werden zwei Drittel des Wassers in den Maischbottich geschöpft und die Temperatur des Restes durch den Zusatz von kaltem Wasser bis auf 75° C. abgeschreckt oder gekühlt. Mit diesem Wasser wird zunächst das Schrot von dem schwach gedörrten Malze in der Pfanne vermischt und hierauf der ausgewaschene Brei oder das abgeschiedene Stärkemehl unter fleißigem Umrühren zugesetzt. Die Temperatur der Masse, die sich durch den kalten Brei auf etwa 40° C. vermindert, wird nun durch mäßige Heizung binnen einer Stunde auf 60 bis 65° C. erhöht und auf dieser Temperatur so lange erhalten, bis eine Prüfung mit Jodlösung kein unzersetztes Stärkemehl mehr erkennen läßt. Bei der Anwendung von reiner Stärke ist die Behandlung ganz dieselbe, nur daß man die Temperatur des Wassers anfangs ein wenig niedriger hält, da sich dieselbe durch das geringere Volum der Stärke nicht stark vermindert.

Nach erlangter Zersetzung des Stärkemehls wird die Maische zum Sieden erhitzt und dies so lange unterhalten, bis man zwischen den ungelösten Theilen eine klare Flüssigkeit erkennt, oder die Maische sich schon bricht. Hierbei zeigt sich ein bemerkbarer Unterschied in der Anwendung von Brei oder von reiner Stärke; bei dieser klärt sich die Maische bald, während bei dem ersteren oft ein stundenlanges Kochen nöthig wird, um eine klare Flüssigkeit zu erhalten, je vollständiger diese aber erreicht wird, um so sicherer kann man auch auf eine baldige Klärung des Bieres rechnen.

Beim Beginn des Kochens werden dann auch wohl noch 25 Pfund braun gedörrtes Farbemalz zugesetzt, damit das Bier eine dunklere Farbe erhält.

Bald nach dem Kochen bringt man die andere Hälfte des Schrots aus dem stärker gedörrten Malze in den Maischbottich zu dem hier befindlichen Wasser. Das stark gedörrte Malz dient dazu, den Röstgummigehalt, der dem schwach gedörrten fehlt, zu vermehren. Hat die Dickmaische hinreichend gekocht, d. h. erscheint sie geklärt, so bringt man sie in den Maischbottich, wo sie nach fleißigem Aufmaischen dann 1 bis 1½ Stunde in der Ruhe bleibt. Erreicht man durch die Dickmaische nicht die zum Abmaischen nöthige Temperatur von 75° C., so wird von der Würze ein entsprechendes Quantum in der Pfanne zum Sieden gebracht und damit jene Temperatur erlangt. Bald nach Beendigung des letzten Maischens werden zur Entfernung der unter dem Seihboden befindlichen Mehltheile und der kälteren Flüssigkeit etwa 20 Maß abgelassen und mit der Vorsicht, daß kein Aufrühren entsteht, in den Maischbottich zurückgebracht.

Sollte die fertige Würze beim Ablassen auch nicht vollständig blank erscheinen, so läßt sich durch die Anwendung des bereits erwähnten kalten Extracts als Klärungsmittel eine glanzhelle Würze auf die Kühle bringen.

Zum Aussüßen der Treber wird, während die Maische auf der Ruhe steht, eine neue Portion Wasser in der Pfanne erhitzt und nach dem Ablaufen der Würze auf die Treber gebracht. Ein Umstechen derselben vor dem Aussüßen wird hier weniger nöthig, da die Kartoffelfasern stets locker bleiben, nur hat man das Aussüßen zu beschleunigen, um einer Säuerung vorzubeugen. Die Anwendung des Drehkreuzes, wodurch man die Treber mit Flüssigkeit stets bedeckt erhält, ist hier ganz am Platze. Bei der Anwendung von reiner Stärke werden beim Ueberschöpfen der Dickmaische etwa 40 bis 50 Pfund zuvor gut ausgelaugte Dinkelspreu zugesetzt, um die fehlenden Hülsen zu ersetzen, die beim Abseihen der Würze

als Filter dienen, indem sie die ungelösten Theile locker erhalten. Damit sich die Spreu aber nicht absondert, weil sie sehr leicht ist, wird sie zuvor auf einer vorhandenen Bochardusmühle zerrissen, wodurch sie dann mit den schweren Schrottheilen und Stärkemehlhülsen vollständiger zu Boden sinkt und diese doch auflockert. In Ermangelung von Dinkelspreu kann man nach dem Vorschlage von Balling auch aus reinem Roggenstroh geschnittenen Häcksel verwenden, nur muß dieser sorgfältiger ausgelaugt werden, sonst erhält die Würze einen Strohgeschmack.

Die Kochung und weitere Behandlung der gewonnenen Würzen ist ganz dieselbe wie bei der reinen Malzwürze.

Das Kochen und Hopfen der Würze. Die gewonnene Würze enthält außer Stärke-Zucker und Gummi noch Eiweiß, namentlich wenn dieselbe nach der Infusionsmethode bereitet wurde, dann aber auch gelösten Kleber oder eine leimartige Substanz, je nachdem sich bei dem Maischprocesse mehr oder weniger Milchsäure erzeugte, wodurch diese stickstoffhaltigen Körper gelöst wurden. Je stärker das Malz gedörrt wurde, desto dunkler ist die Farbe der Würze, um so mehr enthält sie auch die löslich gewordenen Röstproducte, wie das Röstgummi.

Das Kochen der Würze bezweckt:

1) Eine Concentration.

2) Eine weitere Zersetzung der gelösten Theile.

3) Die Ausscheidung solcher Stoffe, welche das Bier weniger haltbar und auch wohl weniger gesund oder zuträglich machen würden.

4) Die Gewinnung oder Extraction der wirksamen Bestandtheile des Hopfens.

Der Zusatz des Hopfens soll dem Biere aromatischen und bitteren Geschmack ertheilen, er dient zur Abscheidung solcher Bestandtheile der Würze, die die Haltbarkeit des Bieres beeinträchtigen, und macht das Bier der Gesundheit zuträglicher.

Zum Kochen der Würze benutzt man theils mehr flache Gefäße, wenn namentlich eine weitere Concentration erreicht werden soll, theils mehr tiefere Gefäße, wenn ein anhaltendes Kochen ohne stärkere Concentration bezweckt wird. Meist benutzt man dieselben Gefäße dazu, welche auch zur Gewinnung der Maische dienten, obgleich man jetzt, wie schon erwähnt, in den größeren Brauereien, wenn die Würze nach baierischer Art gewonnen wird, für jede Operation eine besondere Pfanne findet. Das Gefäß zum Kochen der Würze ist dann in der Regel um $\frac{1}{5}$ kleiner als das zur Würzegewinnung bestimmte. Die Kochgefäße wurden früher allgemein von Kupfer, jetzt aber auch nicht selten von Eisen verfertigt.

Eine zweckmäßige Einrichtung der Feuerung ist auch hier von Werth, theils in Betreff einer möglichsten Holz- oder Brennmaterialersparung, theils in Rücksicht auf die Dauer der Pfanne und der gleichmäßigen Erhitzung derselben; auf einen schnellen Wechsel der Erhitzung, wie bei der Gewinnung der Würze, hat man weniger Werth zu legen. Für Holzfeuerung sind die Treppenroste zu empfehlen, die der Luft einen freien Zutritt gewähren und dennoch das Durchfallen der abspringenden Kohlen verhindern. Für Steinkohlen finden die Lang'schen Etagenroste nach und nach auch hier Eingang und für Torffeuerung sind die mit überwölbtem Heerd wohl die geeignetsten. Das Kochen der Würze mittelst Dampf hat bis jetzt keine Verbreitung gefunden, da es in der Bierbrauerei nicht die wesentlichen Vortheile gewähren kann, wie dies in den Zuckerfabriken und Brennereien der Fall ist; jedenfalls lohnen die möglichen Vortheile nicht den größeren Aufwand an Brennmaterial, den die Vermittlung des Dampfes als Träger der Wärme erfordert; eine Provision, die hier zu ersparen ist. Selbst in England, dem Lande der Kohlen und des Dampfes, wird dieser weder zur Gewinnung noch zum Kochen der Würze benutzt.

Fig. 181 und 182 stellen einen kupfernen Kessel dar, wie er gewöhnlich in den Brauereien Englands und Belgiens angewandt wird, von denen die erstere einen Höhendurchschnitt und die letztere einen Grundriß der Feuerung und der Kaminröhre liefert. In Fig. 181

Fig. 181.

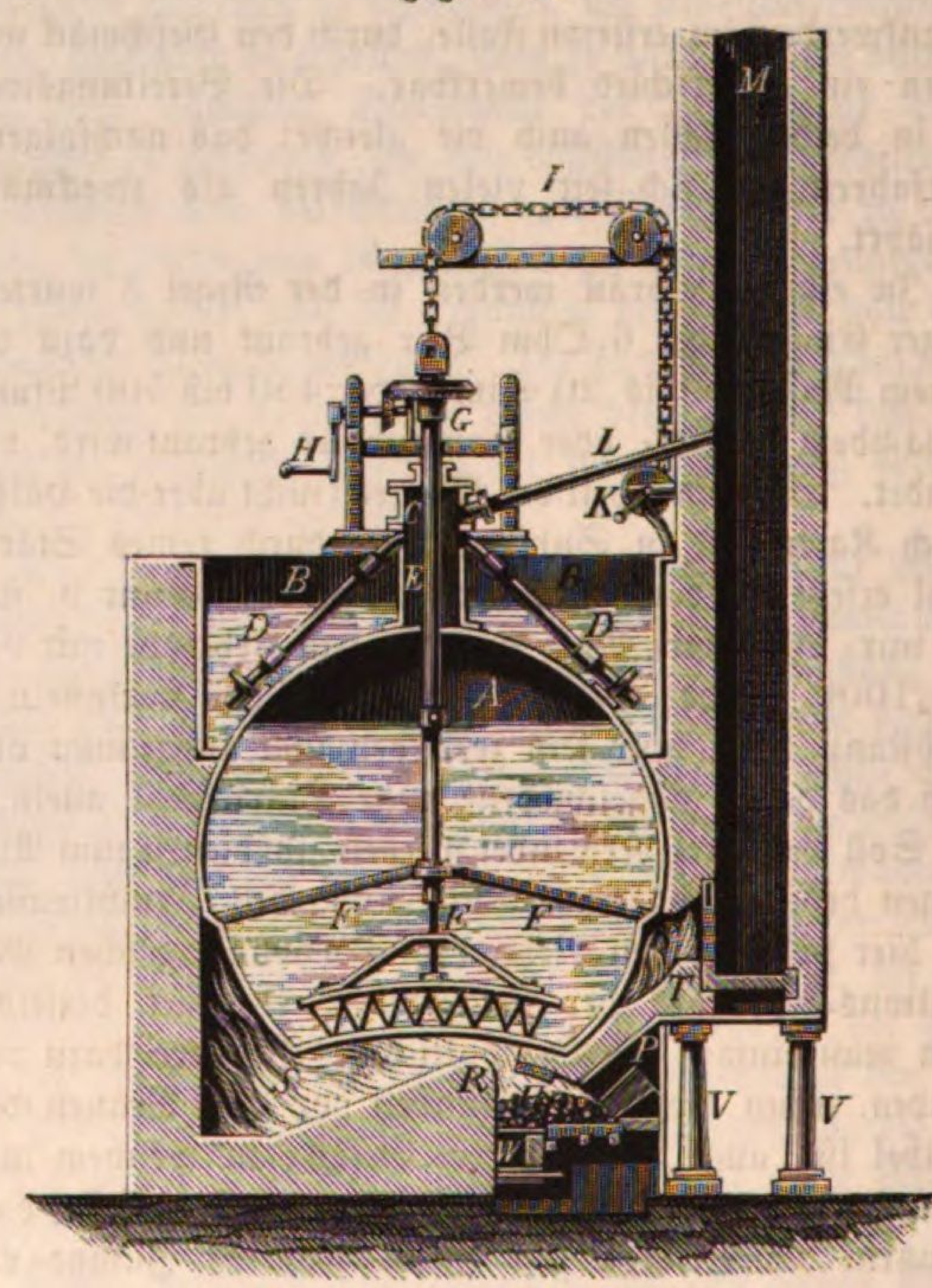
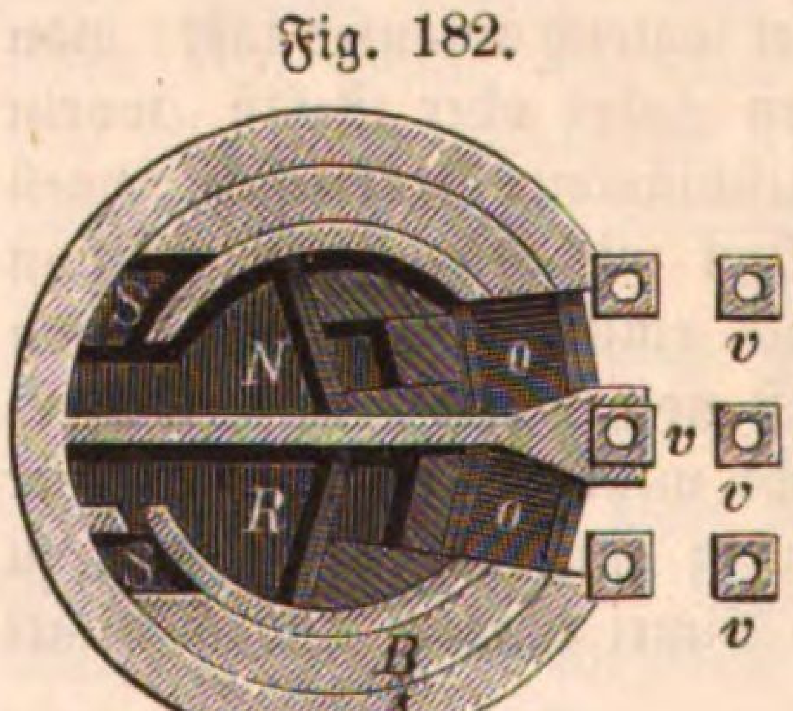


Fig. 182.



ist A ein hermetisch verschlossener und am Boden convexer Kessel, dessen oberes Ende mit einer Vorwärmpfanne B versehen ist, in welcher Wasser mittelst der während des Kochens der Würze mitgetheilten Wärme erhitzt wird. Aus dem obersten Theile des Kessels ragt nun eine weite Röhre oder ein weiter Hals C hervor, durch welchen der während des Siedens der Flüssigkeit erzeugte Dampf aufsteigt und gezwungen wird, mittelst vier engerer Röhren, von denen man zwei in DD sieht, in die Flüssigkeit der Pfanne B zu streichen, während der Ueberschuß an Dampf durch

die Röhre L in die Kaminröhre oder den Schornstein M geführt wird. Eine senkrechte eiserne Achse oder Spindel E geht nun nach unten durch eine in dem Halse C befindliche Oeffnung bis auf den Boden des Kessels und ist an dem unteren Ende mit Querarmen, Streben genannt, versehen, an denen Ketten befestigt sind, die auf dem Boden schleifen. Diese Einrichtung hat den Zweck, das Anhängen des sich abscheidenden Stoffes an die Metallwände zu verhüten. Am oberen Ende der Achse oder des Schaftes E befindet sich ein Zahnrad, welches in das Rad G eingreift und vermittelst der Kurbel H in Umdrehung versetzt wird, so daß nun die Arme F in Bewegung gesetzt werden. Sobald nun aber der Rührapparat nicht mehr wirken soll, kann derselbe durch die an dessen oberem Ende befestigte und über die Rollen laufende Kette I, indem diese um die Walze K gewickelt wird, in die Höhe gezogen werden. Dieses Gefäß wird, wenn es ungewöhnlich groß ist, durch zwei Feuer, die durch eine Mauer N getrennt sind (Fig. 182), erhitzt. OO sind die Roste, auf denen das Feuer ruht, und dieses wird durch schiefe eiserne Trichter genährt, welche stets mit Kohlen angefüllt sind. Ueber diesen Trichtern befindet sich eine enge Oeffnung für den Zutritt der Luft in einem solchen Verhältniß, wie ausreichend ist, um die Verbrennung zu unterstützen. Eine Wand oder Brustmauer hinter einem jeden Feuer treibt die Flamme senkrecht aufwärts gegen den Kesselboden, wonach sie getheilt wird, indem sie in den halbkreisförmigen Röhren SS je zur Hälfte um die halbe Kesselwand herumgeht und endlich in den Schornstein M eintritt, an dessen unterem Ende ein Register T angebracht ist, um den Zug zu mäßigen. Denn wenn man kalte Luft durch diese Oeffnung zuläßt, so wird sogleich die Verbrennung des Feuermaterials gehemmt. Sodann ist aber auch noch ein anderes Register beim Eintritt der schiefen Kaminröhre in dem Schornstein angebracht, um die Flamme, damit sie den Kessel in erwünschter Weise umspiele, gehörig reguliren zu können. Wenn nun das Register T geöffnet und das andere geschlossen ist, so wird die Macht des Feuers aufgehoben. Sodann befindet sich noch ein Gewölbe von Backsteinen U über dem Feuer, um die vordere Ecke des Kessels vor der directen Einwirkung der Flamme zu schützen. VV stellen die Tragsäulen dar, auf denen der Schornstein ruht, und W ist die Oeffnung, durch welche die Asche hinweggezogen wird.

Zuweilen ist die Einrichtung auch so getroffen, daß anstatt daß der Dampf freien Zutritt durch die Röhren DD hat, ein beschwertes Ventil von Metall vorhanden ist, welches sich nach außen öffnet und so construirt ist, daß, wenn die Substanz im Innern 100° erreicht, kein Dampf entweichen kann, sondern sich anhäuft, bis sein Druck zu mächtig wird, um durch das Gewicht des Ventils aufgehalten zu werden. Er entweicht alsdann und die Temperatur der zurückbleibenden Masse, welche in Folge des erhöhten Dampfdruckes um wenige Grad gesteigert worden, fällt sogleich wieder auf 100° C., worauf sich das Ventil der Mündung dicht schließt, bis eine weitere Menge Dampf gebildet wird, welche es, wie zuvor, sich zu öffnen zwingt. In dieser Weise wird das Kochen während der bewilligten Zeit fortgesetzt, aber anstatt daß man den Dampf entweichen läßt, leitet man ihn in Wasser, sowohl um eine Flüssigkeit zu erhitzen, als auch jeden Theil des Aromas, welcher durch den Dampf hinweggeführt wird, zurückzuhalten, so daß dieses Wasser dann für später nachfolgende Maischen benutzt werden kann.

Daß die Anwendung des Dampfes zu Erhitzungen in der Bierbrauerei nur einen geringen Nutzen gewähren kann, wurde bereits angegeben. Die hier erlangte Wiederbenutzung der beim Kochen der Würze entweichenden Dampfwärme ist allerdings als ein Gewinn zu betrachten und hat auch auf eindringliche Empfehlung von Balling namentlich in Oesterreich hie und da sogenannte Dampfbrauereien ins Leben gerufen, die aber, so viel bekannt, bisher keine weitere Verbreitung fanden, obgleich sie auch von Andern als zweckmäßig empfohlen wurden*).

Bei dem englischen Brau- oder Infusionsverfahren beginnt das Kochen, sobald eine hinreichende Menge Würze im Kessel vereinigt ist. Der sich dabei auf der Oberfläche der Würze zeigende Schaum wird durch Abschäumen entfernt. Die später ablaufende Würze wird in der Regel nach und nach zugegeben und dient dazu, das Sieden der Würze zu mäßigen und die Entfernung des Schaums zu erleichtern. Bei den meisten Bieren, die nicht über 5 bis 6 Stunden zu kochen sind, giebt man nach dem Abschäumen den Hopfen hinzu und läßt sie damit entweder eine bestimmte Zeit oder bis zum Einkochen auf ein bestimmtes Maß, oder auch bis zur Erlangung einer bestimmten Concentration sieden. Jedenfalls soll die Würze so lange mit dem Hopfen gekocht werden, bis die sich ausscheidenden Theile in einer kleinen Probe nach dem Erkalten zu Boden sinken, die Flüssigkeit aber hell erscheint.

Wie lange man die Würze sieden soll, hängt von der Art und Bestimmung des Bieres ab. Dunkle Biere und solche, welche längere Zeit aufzubewahren sind, erfordern ein längeres Kochen, als die helleren oder sogenannten Weißbiere und solche, welche bald trinkbar werden sollen. Je länger das Bier kocht, desto dunkler wird seine Farbe und desto weniger leicht zersetzbar werden seine Bestandtheile.

Da die nach baierischer Art gewonnenen Würzen beim Maischen oder ihrer Gewinnung theilweise schon bis zum Sieden erhitzt wurden, so findet bei ihnen durchs Kochen keine oder nur eine geringe Abscheidung von Schaum noch Statt, und der Hopfenzusatz kann deshalb bei diesen Würzen sogleich erfolgen. Auch wird die Würze in den baierischen Bieren nicht so lange gekocht, als dies in der Regel bei anderen Bieren der Fall ist. Je länger das Bier kocht, um so mehr verliert es seinen reinen Malzgeschmack. Die Würze zum baierischen Schenk- oder Winterbier, als die leichtere Sorte, die 3 bis 4 Wochen nach dem Brauen schon zum Ausschank kommt, kocht man selten länger als 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunde, wogegen man die Würze zum Sommer- oder Lagerbier 2 bis 3 Stunden kochen läßt, je nach der Dauer seiner Aufbewahrung und je nach der Beschaffenheit des Lagerkellers, die hierbei sehr zu beachten ist und mitunter ein noch längeres Kochen nöthig macht. Selbst die Witterung

*) Polytechnisches Journal 143, 133.

während der Brauzeit ist hierbei von dem Brauer zu beachten.

Die Menge des zuzusetzenden Hopfens richtet sich nach der Art des Bieres, nach der Dauer seiner Aufbewahrung, Gewohnheit der Trinker und Güte des Hopfens. Je länger ein Bier aufzubewahren ist, desto mehr Hopfen wird es in der Regel erhalten, je älter das Bier wird, desto mehr verliert es den Hopfengeschmack, eben so je schwächer es ist, desto mehr tritt dieser Geschmack hervor. Auch die Art der Gährung, worüber später das Nähere anzuführen ist, bedingt die Menge des Hopfens, um dem Biere eine bestimmte Bitterkeit zu ertheilen oder zu erhalten.

In England ist die Menge des anzuwendenden Hopfens sehr verschieden, sie wird dort viel auch durch die Art der Anwendung bedingt; je länger die Würze mit dem Hopfen kocht, desto bitterer wird das Bier davon. Die Angabe der Menge wechselt zwischen $1/_8$ bis 14 Pfund auf ein Quantum Malz von circa 320 Pfund Gewicht. Zum baierischen Sommer- oder Lagerbier nimmt man $1\frac{1}{2}$ bis 2 Pfund auf 100 Pfund Malz, zum Winterbier aber nur die Hälfte bis zwei Drittel. Von altem Hopfen muß man mehr verwenden als von neuem. Hopfen von schwerem Boden eignet sich besser für Lagerbiere, während der auf Sandboden gebaute dem Biere ein feineres Aroma ertheilt.

Die Art und Weise, wie der Hopfen zugesetzt wird, ist sehr verschieden. In den meisten Fällen wirft man den Hopfen ohne Weiteres in die Pfanne und läßt ihn eine bestimmte Zeit kochen. Mitunter wird der Hopfen zuvor zerkleinert, damit er leichter zu extrahiren sei. Bei dem fränkischen Brauverfahren wird der Hopfen zuvor in der Pfanne mit ein wenig Würze gekocht, eigentlich geröstet oder geschmort; das Bier erhält dadurch einen besonderen Geschmack, der dem Biere eigen sein soll. Jedenfalls geht bei dem längeren Kochen viel Aroma von dem Hopfen verloren; um dies zu vermeiden, hat es an Vorschlägen nicht gefehlt. Bei einem ununterbrochenen Betriebe erscheint es am zweckmäßigsten, wenn man die Würze zunächst mit einem geringeren Quantum Hopfen kochen würde und mit derselben dann eine weitere Portion Hopfen einfach dadurch extrahirte, daß man diese einige Zeit mit der nicht mehr kochenden Würze in Berührung brächte. Balling empfiehlt dazu den frischen Hopfen in dem Hopfenseiher (die Vorrichtung, wodurch man den gekochten Hopfen von der Würze trennt) mit einem durchlöcherten Boden zu bedecken und nach dem Durchfließen der Würze den unteren Hopfen zu dem nachfolgenden Sud zu verwenden, d. h. damit zu kochen.

Andere empfehlen einen Theil des Hopfens nur mit siedender Würze anzubrühen, nach einiger Zeit diese davon abzuseihen, rasch zu kühlen und erst beim Anstellen der übrigen Würze zuzusetzen, während der mit der Würze infundirte Hopfen noch mit gekocht wurde. In England wird der Hopfen mitunter, bevor er der Würze zugesetzt wird, mittelst Dampf extrahirt, indem man ihn in ein geschlossenes Gefäß bringt, den Dampf oberhalb zuleitet und den unten abfließenden Extract auffängt. Der so durch den Dampf aufgeschlossene Hopfen soll dann durchs Kochen mit der Würze vollständiger extrahirt werden. Die Flüssigkeit, welche bei der Behandlung mit dem Dampfe gewonnen wurde, wird der Würze erst nach dem Kochen zugesetzt.

In der Brauerei zu Hohenheim wurde diese Behandlung des Hopfens mit gutem Erfolge bei einem obergährigen Biere angewandt, der Hopfengeschmack war angenehm und mit dem Geschmack des Bieres innig verbunden, was bei dem schon wiederholt empfohlenen Zusatze eines besonders bereiteten Hopfenextracts in der Regel nicht der Fall ist. Eben so wenig empfiehlt sich der Zusatz des für sich dargestellten Hopfenöls, wodurch das Bier nach wiederholt angestellten Proben einen so fremden oder eigenthümlichen Geschmack erhielt, daß es nicht leicht zu verwerthen war. In neuerer Zeit soll man in England die römische Kamille neben dem Hopfen als Zusatz zum Biere verwenden, der große Gehalt an bitteren abstringirenden Stoffen läßt diese Pflanzenblume nicht als einen ungeeigneten Zusatz erscheinen.

Eine Hauptwirkung des Hopfens bleibt immer die Reinigung der Würze von ihren leimartigen, leicht zersetzbaren Bestandtheilen, wozu eine längere Einwirkung des in dem Hopfen enthaltenen Gerbstoffs als nöthig erscheint. Zu gleichem Zwecke dienen die mitunter angewandten Klärungsmittel, wozu hier als bewährt der oben erwähnte Malzextract und von Anderen das Carragheen-Moos, 1 bis 2 Loth für je 1 Pfund des zugesetzten Hopfens, empfohlen wird. Zu den im Großen anwendbaren Klärungsmitteln gehört auch der Zusatz von Kälberfüßen, die man in Norddeutschland bei den schnell trinkbar werdenden obergährigen Bieren nicht selten anwendet. Die andererseits empfohlenen Zusätze von Hausenblase oder des gereinigten Leimes, der Gelatine, werden im Großen keine Anwendung finden können, da sie zu theuer sind. Auch ein Zusatz von Kochsalz dient zur Klärung und Haltbarkeit des Bieres.

In Belgien soll man beim Kochen etwas Aetzkalk zusetzen, um dem Biere eine recht dunkle Farbe zu ertheilen. In Süddeutschland stehen die Bierbrauer nicht selten in dem Verdacht, daß sie ihren Bieren Syrup zusetzen, um ihnen eine schöne Farbe und Glanz zu ertheilen.

Die Abkühlung der Würze, die nach dem Kochen derselben nöthig wird, soll möglichst rasch erfolgen, weil die Würze namentlich bei einer Temperatur zwischen 25 und 50° C. sehr leicht eine nachtheilige Aenderung erleidet. Es ist diese Temperatur der Bildung von Milchsäure aus dem vorhandenen Zucker und Gummi, vor Allem aber aus dem etwa noch vorhandenen Dextrin oder Stärkekleister außerordentlich günstig, und diese Umänderung tritt um so rascher ein, je mehr gelöster Kleber oder andere stickstoffhaltige Bestandtheile in der Würze enthalten sind; diese werden aber um so mehr vorhanden sein, je langsamer die Gewinnung der Würze erfolgte oder je weniger von jenen Bestandtheilen während des Kochens und durch den Zusatz des Hopfens ausgeschieden wurde. Würzen aus schwach gedörrtem Malze, die mit wenig Hopfen und mit diesem nicht lange gekocht wurden, leiden mehr durch eine verzögerte Abkühlung, als solche aus stark gedörrtem Malze und mit viel Hopfen längere Zeit gekochte. Alle dies schützt jedoch nicht gegen eine nachtheilige Säuerung auf der Kühle, wenn schon bei dem Maischprocesse selbst die Bildung von Milchsäure in

größerer Menge stattfand, denn diese Säure bildet selbst das wirksamste Mittel zu ihrer Vermehrung.

Zur Abkühlung der Würze verwendet man jetzt immer allgemeiner flache eiserne Kühlen, Kühlschiffe, die den hölzernen gegenüber um so mehr den Vorzug verdienen, als sie am leichtesten die hier so nöthige Reinlichkeit erhalten lassen. Die Abkühlung der Würze erfolgt hier mehr durch eine Verdunstung als durch eine directe Ableitung der Wärme, die jedoch bei eisernen Kühlen weit mehr stattfindet, als bei der Verwendung von Holzgefäßen. Alles, was daher die Verdunstung der Würze befördert, dient auch zur rascheren Abkühlung derselben. Man hat deshalb auch bei der Aufstellung der Kühlen für einen raschen Luftwechsel durch eine freie Lage, für Abhaltung von feuchten Dämpfen zu sorgen. Man bringt diesen raschen Luftwechsel nicht selten durch die Anwendung von Ventilatoren hervor. Je freier und luftiger die Kühle aufzustellen ist, desto eher wird man eine solche Kühlung erreichen, nur muß die Würze dabei auch gegen Frost zu schützen sein.

Der Vortheil einer raschen Kühlung durch eine reine, möglichst trockne Luft giebt sich bei den meisten Bieren zu erkennen, die in höheren Lagen oder zugigen Thälern gebraut werden, und es machen sich dabei oft ganz locale Einflüsse, wie die Stellung der Gebäude, bemerkbar*).

Aber nicht nur der Einfluß der Verdunstung, sondern auch die Ausstrahlung der Wärme macht sich bei der Abkühlung der Würze bemerkbar; bei heiterem Wetter läßt sich die Abkühlung dadurch beschleunigen, daß man die Kühle unbedeckt ins Freie bringt, es ist dies namentlich bei den auch im Sommer zu brauenden Bieren mit Vortheil zu benutzen. Eben so zeigt die Erfahrung, daß im Februar und namentlich im März die haltbarsten Biere zu brauen sind, weil in diesen Monaten die Luft in der Regel am trockensten ist; man bezeichnete früher deshalb auch die längere Zeit haltbaren besseren Biere als **Märzbiere**.

Bei der Anfertigung der Kühlen von Holz wählt man am besten Lärchenholz, weil dieses weniger säuert als das Eichenholz. Eiserne Kühlen werden meist aus Blech, seltener aus Gußplatten hergestellt, sie erhalten als Unterlage zunächst einen eisernen Rost aus Stäben, die dann auf Balken ruhen. Sie sind nach dem Abfluß zu ein wenig geneigt zu legen. Beim Gebrauch zeigen die eisernen Kühlen anfangs den Uebelstand, daß das Bier auf denselben sich färbt; obgleich diese Färbung in der Gährung meist wieder verschwindet, so ist es doch zweckmäßiger, wenn man sie so schnell als möglich beseitigen kann. **Heiß** giebt hierzu folgende Anleitung:

„Das eiserne Kühlschiff wird zunächst mit ganz feinem Sand tüchtig abgerieben und gereinigt, alsdann nimmt man reines Wasser und vermischt dasselbe mit $^1/_{10}$ Salzsäure. Mit diesem Gemisch wird die ganze Kühle innen übergossen und sodann wieder rein abgeschöpft. So wie nun das Kühlschiff anfängt trocken zu werden, zeigt sich auf der Oberfläche desselben eine röthliche Masse, ein künstliches Oxyd.

Ist dieses erreicht, so wird dasselbe mit folgender Flüssigkeit überstrichen, welche jedoch rechtzeitig, nämlich 24 Stunden zuvor, hergerichtet werden muß:

Ein Pfund Galläpfel wird fein gestoßen, in 10 baierische Maß Wasser geschüttet und alle 2 bis 3 Stunden tüchtig umgeschüttelt. Angenommen, diese Auflösung habe 24 Stunden gestanden und das oben angegebene Oxyd habe sich gebildet, so daß die ganze Oberfläche des Kühlschiffs trocken und geröthet ist, so wird die Flüssigkeit von den gestoßenen Galläpfeln so klar als möglich in ein Gefäß abgegossen. Mit diesem Aufguß wird dann die Kühle mittelst eines großen aber weichen Pinsels angestrichen. Bei dem Anstrich muß jedoch so leicht als möglich umgegangen und alles Reiben vermieden werden; derselbe wird dreimal wiederholt und läßt man das Kühlschiff jedesmal völlig trocken werden.

Kommt das Kühlschiff nicht gleich in Gebrauch, so kann man auch dem Ganzen noch einen Anstrich mit gutem alten Leinöl geben, dieser muß jedoch Zeit genug haben, um vollständig trocknen zu können; ist dieses nicht der Fall, so läßt man diesen Anstrich ganz weg.

Ist Alles, wie eben gesagt, vollständig geschehen, so läßt man das Kühlschiff mit reinem, kaltem Wasser überlaufen (ganz angefüllt) und 12 Stunden darauf stehen; alsdann siedet man etwas Malzschrot mit altem Hopfen und bringt dasselbe auf die Kühle, nach 12 Stunden reinigt man dieselbe, welche sofort in Gebrauch genommen werden kann. Man wird nicht die geringste Spur von Färbung mehr bemerken."

Andere füllen die Kühle einige Zeit vor dem Gebrauch mit Glattwasser, welches mit altem Hopfen gekocht wurde. Das Eisen überzieht sich bald mit einer erdigen Kruste, die man durch scharfes Bürsten nicht entfernen darf.

Die Größe der Kühlfläche muß genügen, um sie nicht höher als 3 Zoll hoch mit der Würze zu füllen, wozu für jeden Cubikfuß der zu kühlenden Würze mindestens 4 Quadratfuß Kühlfläche gehören. Man hat in der Regel mehrere Kühlen, am geeignetsten für jeden Sud mindestens zwei, wovon dann die eine $^2/_3$ und die andere $^1/_3$ der Würze faßt. Es ist dies zweckmäßig, um bei stärkerem Frost den ganzen Sud auf die eine größere Kühle bringen zu können, damit die Kühlung auch nicht zu schnell erfolge und die ausgeschiedenen Theile Zeit behalten, sich am Boden abzulagern.

Künstliche Kühlvorrichtungen ohne Luftzutritt haben zur Abkühlung der Bierwürze keine dauernde Anwendung gefunden, weil sie in der Regel die Absonderung der beim Erkalten sich abscheidenden Theile nicht gestatten. Die Trennung dieser Theile ist aber nöthig, weil sie aus leicht zersetzbaren Stoffen, wie das Eiweiß, dem abgeschiedenen Kleber und Dextrintheilen, bestehen, die das Bier weniger haltbar machen.

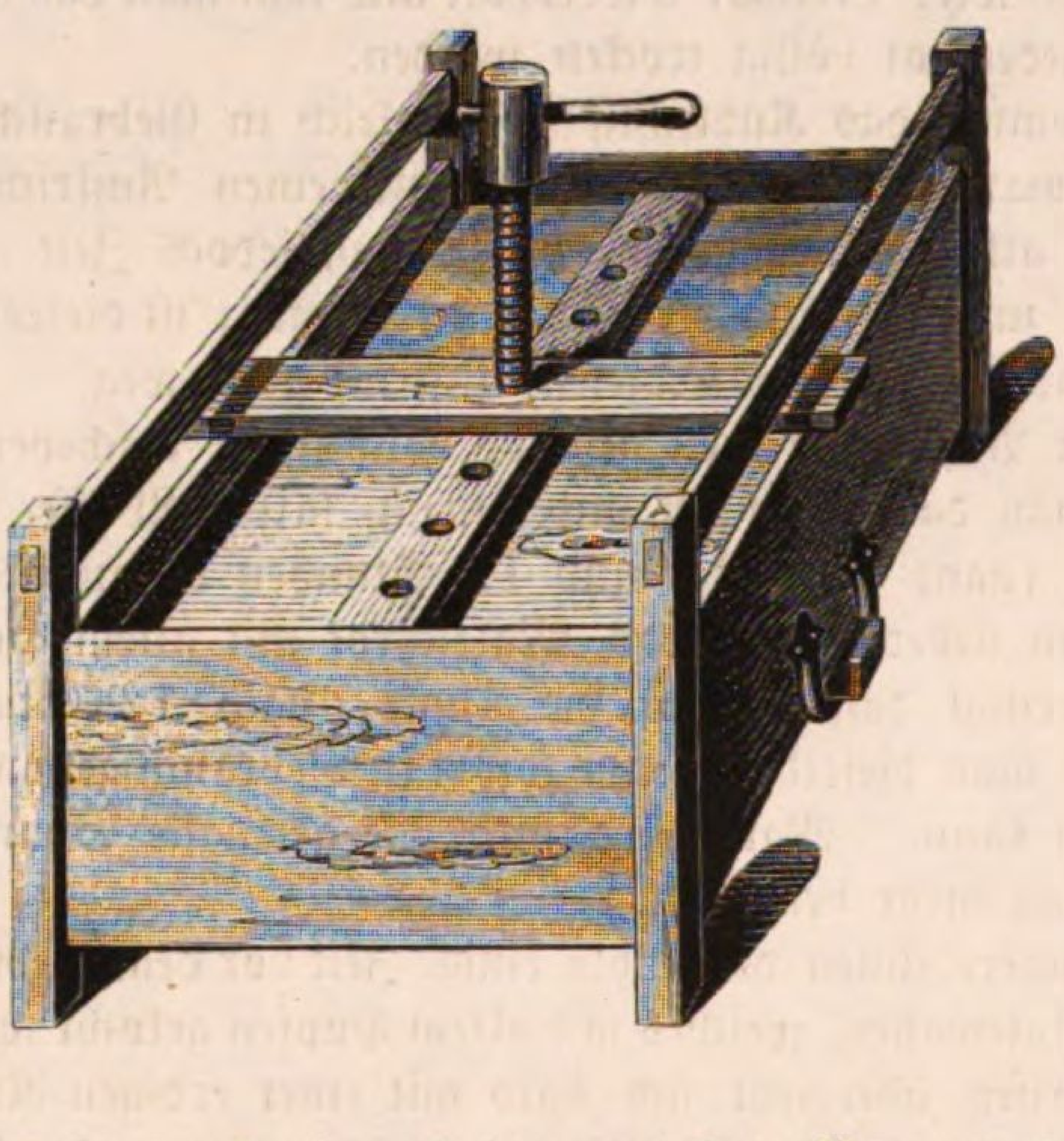
Beim Transport der gekochten Würze auf die Kühle wird der Hopfen davon getrennt, indem man die Würze durch ein Siebgefäß, **Hopfenseiher**, leitet, von welchem

*) Sicher trägt die hohe und bekannte rauhe Lage Münchens viel zum Renommee seines guten Bieres bei; eben so liegen die renommirten Bierbrauereien Würtembergs, wie **Weißenstein**, **Eibach** u. a. theils in den frischen, nach Norden, nordöstlich oder nordwestlich geöffneten Thälern der schwäbischen Alp, theils auf den Hochebenen des Landes. Es wird überhaupt in den höher gelegenen Ländern viel leichter aus wenig Malz ein haltbares Bier zu erzeugen sein, als in den feuchteren, wenn auch kälteren Gegenden, in welchen dann aber auch das Bedürfniß nach einem alkoholreicheren, mehr erwärmenden Getränke vorherrscht.

der Hopfen zurückgehalten wird. Findet die Bereitung eines Nachbieres Statt, so verwendet man den Hopfen von der besseren Würze noch zum Kochen der zweiten; wird der Hopfen nicht weiter benutzt, so ist es lohnend, die darin enthaltene Würze durch Auspressen zu gewinnen. Zu diesem Zwecke enthält dann der Hopfenseiher die Einrichtung zum Auspressen.

Es besteht diese Einrichtung aus einer Hebelpresse, meist aber aus einer einfachen Spindelpresse, wie Fig. 183 dies zeigt. Man stellt den Hopfenseiher meist direct auf die Kühle oder zwischen dieselben und leitet die vom Brette der Presse oder des Seihers abfließende Würze dann auf die verschiedenen Kühlen; mitunter läßt man das Bier von der Pfanne zunächst in den Grant laufen, der mit einer Siebwand getheilt ist, und scheidet auf diese Weise den Hopfen ab. Man hält diese Einrichtung für zweckmäßig, weil dabei der Hopfen weniger erkaltet und die Würze dann besser davon zu trennen sei, auch glaubt

Fig. 183.



man, daß eine in dem Hopfen erkaltete Würze nachtheilig wirke, weshalb der auf der Kühle befindliche Hopfenseiher, nachdem der Hopfen abgepreßt ist, sogleich entfernt werden soll. Auch stärkeres Auspressen des Hopfens hält man für schädlich, weshalb eine einfache Presse hierzu schon genügt.

Noch ist hier anzuführen, daß es zweckmäßig ist, wenn man die Kühlen terrassenartig neben einander aufstellen kann; man pumpt dann die Würze auf die am höchsten stehende und läßt sie von hier auf die nächst untere laufen; es ist dann ferner zweckmäßig, die untere Kühle, von welcher die kalte Würze erst abzulassen ist, etwas weniger hoch zu stellen, damit das Ablassen auch hier zunächst möglich wird. Da das Abfließen der gekühlten Würze nur langsam geschehen kann, um das Fortreißen des abgelagerten Niederschlags zu verhüten, so behält das Bier auf den höher stehenden Kühlen immer noch Zeit, weiter zu erkalten. Ist die untere Kühle abgelaufen und der Niederschlag sogleich entfernt, so wird die Würze von der nächst höheren Kühle, wenn sie sich auf der breiten Fläche der unteren vertheilt, auch noch an ihrer Temperatur verlieren. Man kann auf diese Weise die Zeit des Kühlens ein wenig abkürzen. Die Kühlen erhalten an der tiefsten Stelle in der Regel zwei Oeffnungen, wovon die eine zur Ableitung der Würze, die andere aber zur Ableitung des Kühlgelägers und des Spülwassers dient. Die erstere, die mit einem längeren Zapfen zu verschließen ist, umstellt man beim Ablassen der Würze mit einem feinen Siebkranze, wodurch das Mitfortreißen der ausgeschiedenen Theile vermindert wird.

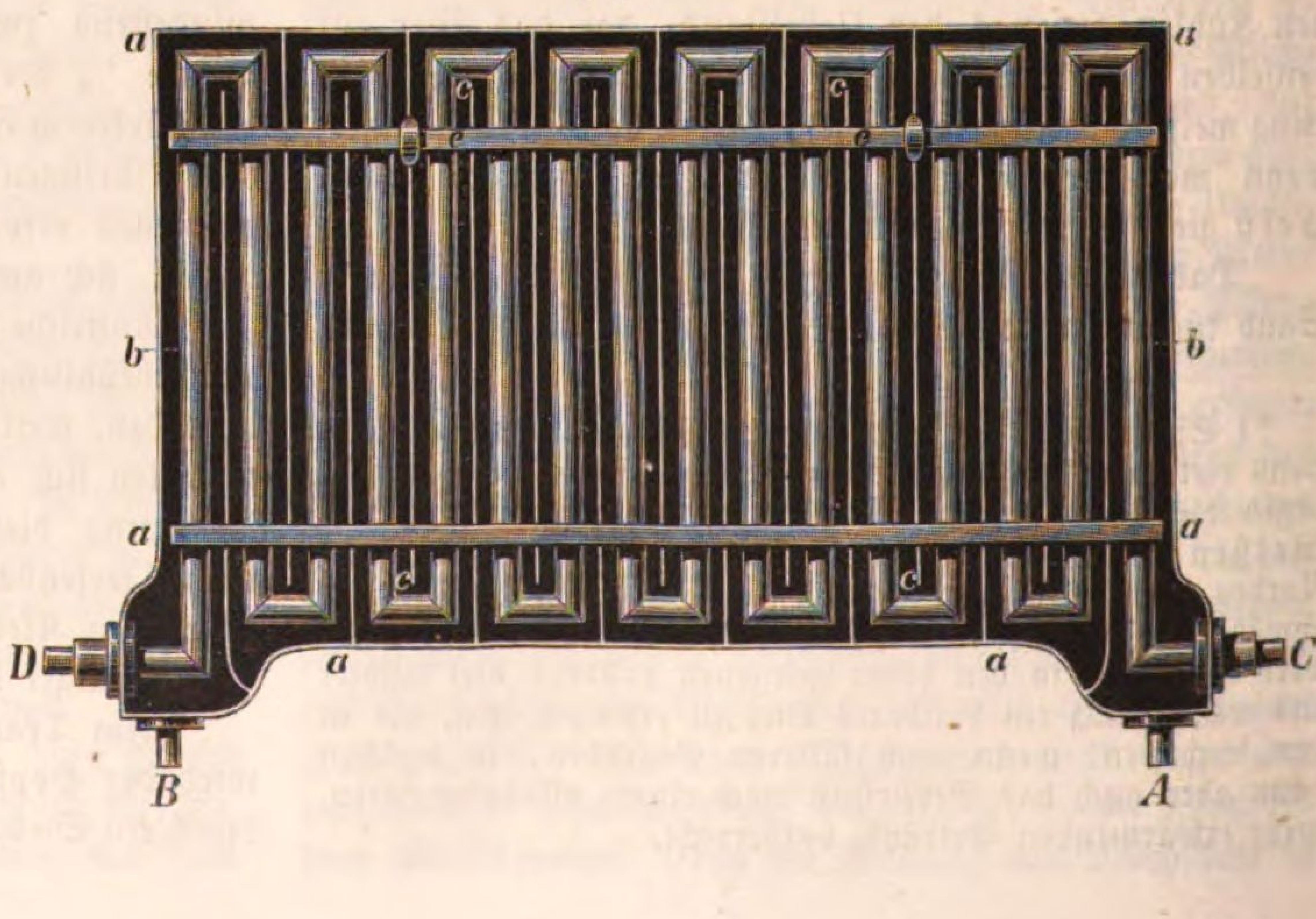
Nach der Erfahrung vieler Brauer erhält man durch fleißiges Umrühren, Aufkühlen, der Würze, so lange sie noch nicht unter 25 bis 30° C. abgekühlt ist, ein besseres, namentlich ein Bier mit mehr Glanz. Es stimmt dies mit der Ansicht überein, daß die innige Berührung mit der Luft eine vollständige Oxydation und Abscheidung der stickstoffhaltigen Bestandtheile zuckeriger in Gährung zu bringender Flüssigkeiten bewirke. Es geschieht dieses Aufkühlen der Würze durch Rühren mittelst einer einfachen Krücke oder auch mittelst Vorrichtungen, die mit der Maschine getrieben werden. Die Würze soll beim Aufkochen nicht so stark bewegt werden, daß sich Schaum auf der Oberfläche bildet, weil dieser die Verdunstung und Abkühlung verhindern würde.

Nach erlangter Abkühlung auf 25 bis 30° C. bleibt die Würze zum Absitzen der ausgeschiedenen Theile in Ruhe. Eine gute gesunde Würze soll auf der Kühle recht dunkel erscheinen, es ist dies ein Beweis, daß sich die Würze schnell klärt; ist dies nicht der Fall, so zeigt sie eine gelbe, lehmige Färbung.

Wie weit die Würze abzukühlen ist, bestimmt zunächst die Art der Gährung, ob diese bei möglichst niedriger oder bei möglichst hoher Temperatur verlaufen soll; dann wird es aber auch durch die Temperatur des Gährlocals, durch das Quantum der Würze rc. bedingt, worüber das Nähere bei der Gährung anzuführen ist.

Bei wärmerer Witterung dienen zur Entziehung der letzten Wärmegrade bis zur der gewünschten Anstellungstemperatur verschiedene Kühlvorrichtungen, die die Ab-

Fig. 184.



kühlung mit Hülfe von Wasser erreichen lassen, wobei man nicht selten auch Eis zu Hülfe nimmt. Die verbreitetste derartige Kühlvorrichtung ist das einfache Schlangenrohr, wie es in den meisten Brennereien angewandt wird. Das spiralförmig gewundene Rohr ist hier nicht selten von Blei hergestellt, wird zweckmäßiger aber von Kupfer gemacht, weil dies ein viel besserer Wärmeleiter ist. Das Kühlrohr liegt in einem Fasse, welches mit Wasser, mit dem man auch Eis vermischt, angefüllt wird. Das zu kühlende Bier wird oberhalb zugeleitet, steigt aber von unten durch ein Rohr wieder nach aufwärts, damit die Spirale stets ganz gefüllt bleibt. In der Mitte des Kühlers steht eine verticale Flügelachse, um das Kühlwasser und Eis stets rühren zu können und neue kältere Schichten mit den erwärmten Flächen in Berührung zu bringen.

Obgleich dieser Kühler auch innen mittelst einer Bürste, die man mittelst Wasserdruck durch das Rohr treibt, zu reinigen ist, so leistet er doch nicht viel und ist seine Reinigung nicht wohl zu controliren. Zweckmäßiger erscheint die aus Otto's Lehrbuch hier angegebene Kühlvorrichtung, Fig. 184.

In dem flachen, etwa 2 Meter langen und 1,2 Meter breiten, 15 bis 20 C.-M. tiefen kupfernen Becken *aa* liegt der Röhrenrost *bb*, dessen Röhren an den Querstäben *ee* befestigt sind, um sie zu einem Ganzen zu verbinden.

In dem Becken befinden sich, abwechselnd von der einen und anderen Längenseite ausgehend, Zungen oder Scheidewände *cc*..., und wie man sieht, passen die Windungen der Röhren in die dadurch entstehenden Zwischenräume. Bei *D* fließt kaltes Wasser in die Röhren, bei *A* die warme Würze in das Becken, die Zungen oder Scheidewände nöthigen die Würze, dem Lauf der Röhren zu folgen; bei *C* tritt dann das gewärmte Wasser, bei *B* die gekühlte Würze aus. Das Gefäß ist immer mit Würze so gefüllt zu erhalten, daß die Röhren damit bedeckt bleiben. Hähne an den Zu- und Ableitungsröhren lassen die Menge des durchfließenden Wassers und der Würze reguliren und machen es möglich, daß die Würze nahezu mit der Temperatur des Wassers abfließt.

Die Stopfbüchsen, durch welche die Enden der Röhren durch die Seitenwände des Beckens geleitet sind, machen es möglich, den ganzen Röhrenrost in dem Becken aufzurichten, um beides leicht reinigen zu können.

Würde man statt der Röhren oben offene Rinnen wie Röhren mit einander verbinden und in die Zwischenräume tauchen, so müßten die Vorrichtungen noch weit bessere Dienste leisten. Die geschlossenen Röhren zeigen nämlich den Nachtheil, daß sie sich innen sehr bald mit einer erdigen Kruste überziehen und dann nicht viel Wärme durchlassen, bei offenen Rinnen wäre auch innen eine Reinigung möglich. Die immerhin breiter herzustellenden Rinnen könnten aber gleichzeitig mit Eis gefüllt werden, wodurch eine weit stärkere und raschere Abkühlung möglich würde.

Die Anwendung von Eis gewährt überhaupt das beste Mittel, der Würze die letzten Grade von Wärme rasch zu entziehen, sie findet deshalb auch eine immer allgemeinere Verbreitung*).

Die Art und Weise der Verwendung des Eises ist nach dem benöthigten Quantum und nach der Reinheit des Eises verschieden; handelt es sich nur um die Entziehung von wenig Wärme und ist das Eis rein, nicht von schlechtem, fauligem Wasser, so legt man dasselbe beim Ablassen der Würze, in kleine Stücke zerschlagen, um den feinen Siebring, der die Abflußöffnung der Kühle umgiebt. Man kann die Menge des erforderlichen Eises leicht annähernd berechnen, indem 1 Pfund Eis 75 Pfund Würze um 1° C. abzukühlen im Stande ist; eine Abkühlung um 2° C. verursacht dann eine Verdünnung der Würze um etwa ¼ Procent. Ist das Eis nicht rein oder erlaubt die Würze keine weitere Verdünnung, so bringt man das fein zerschlagene Eis in kleine viereckige Blechgefäße, mit ganz kurzen, etwa ½zölligen Füßen und umstellt damit die Abflußöffnungen der Kühle, bevor man die Würze ablassen will; bis diese dann, beim Ablassen unter den Gefäßen durch, die Abflußöffnung erreicht, wird sie hinreichend abgekühlt sein. Wo dies nicht genügt, da muß man eine der bezeichneten Kühlvorrichtungen in Anwendung bringen. Die Würze ist mit der Vorsicht von der Kühle zu leiten, daß von dem ausgeschiedenen Niederschlage, dem **Kühlgeläger**, so wenig wie möglich mit zur Gährung komme; sie muß hierzu recht gleichmäßig abfließen, ob man sie langsamer oder schneller abzuleiten hat, hängt oft von dem Quantum und von der erlangten Kühlung ab; bei strenger Kälte hat man sie gewöhnlich möglichst rasch abzuleiten. Die äußere Temperatur, oft auch die Entfernung der Leitung bedingt dann auch, wie bald man zum Ablassen schreiten soll; auf einen Grad in der Temperaturverminderung während des Abfließens kann man in der Regel rechnen.

Die Würze verliert, je nach der Trockenheit der Luft während des Kühlens, ⅐ bis ⅙ ihres Volums oder Masse und zeigt in der Regel nach der Kühlung um ¾ bis 1 Procent mehr Gehalt an Extract. Nach dem Ablaufen der hellen Würze wird das Kühlgeläger mit dem Besen von der Kühle gefegt und in die sogenannten Trübsäcke, Spitzbeutel aus dichter Leinwand oder Baumwollenzeug, gegeben; die hier hell ablaufende Würze wird mit der übrigen vermischt, der Rückstand aber meist noch in der mit der Brauerei nicht selten verbundenen Brennerei benutzt. Die Menge des in den Trübsäcken zurückbleibenden Kühlgelägers ist nach der Brauart und dem verwendeten Malze sehr verschieden, beim Kochverfahren und bei der Verwendung eines starkgedörrten Malzes ist das Quantum gering, kaum 1 Procent der Würze, bei dem

*) Wir verdanken dies zum großen Theil der gewonnenen Ueberzeugung, daß zur Aufbewahrung des Eises keine tieferen Kellerräume in der Erde nöthig sind, wozu selten ein hinreichend trockner Grund und Boden anzutreffen ist. Die Erfahrung hat gezeigt, daß **die erste Bedingung zur Conservirung des Eises eine trockne Umgebung** ist, und daß wir diese über der Erde viel leichter und überall herstellen können, als **in der Erde**, wenn hier auch die Umgebung kälter erscheint. Wir werden über die beste Aufbewahrung des Eises noch ausführlichere Anleitung geben, da das Eis zu den wichtigsten Materialien der Brauerei zu zählen ist.

Infusionsverfahren und schwachgedörrtem Malze kann die Menge bis 2 Procent betragen.

Die **Gährung** der Würze bezweckt eine theilweise Zersetzung des vorhandenen Zuckers in Alkohol und Kohlensäure, wobei eine Abscheidung der stickstoffhaltigen Bestandtheile durch die Bildung von neuem Ferment stattfindet, zugleich bewirkt der Alkohol eine Trennung solcher Stoffe, die leicht eine weitere Zersetzung erleiden und dadurch das Bier weniger haltbar machen würden; ferner hemmt derselbe die Einwirkung des Ferments, dem zufolge auch die völlige Zersetzung des Zuckers. Durch die Kohlensäure, welche zum Theil von dem Biere absorbirt wird, erhält dasselbe seinen erfrischenden Geschmack und die Eigenschaft, zu moussiren. Um dem Biere diese Eigenschaft möglichst lange zu erhalten, sucht man die Gährung so zu leiten, daß sich anhaltend neue Kohlensäure entwickelt oder der vorhandene Zucker erst nach und nach zersetzt wird.

In den meisten Fällen wird der Würze zur Einleitung der Gährung ein Ferment zugesetzt, welches von einer vorhergehenden gleichartigen Gährung gewonnen wurde. Den größten Einfluß auf den Verlauf der neuen Gährung äußert die Temperatur, bei welcher die Würze mit dem nöthigen Fermente versetzt wird oder die Gährung stattfindet. Sie wird um so rascher und vollständiger verlaufen, je höher die Temperatur gehalten wird.

Soll die Gährung recht langsam und regelmäßig erfolgen, so darf die Würze keine höhere Temperatur zeigen und sie muß an einem Orte gähren, dessen Temperatur die Zersetzung des Zuckers weder hemmt noch beschleunigt. Das Gährlocal soll hierzu möglichst unabhängig von dem Wechsel der äußeren Temperatur, dabei aber luftig und leicht rein zu erhalten sein.

Ferner zeigt die Art der Hefe einen wesentlichen Einfluß auf den Gang der Gährung. Eine Hefe, die bei einer höheren Temperatur oder rascheren Zersetzung der Würze entstand, bewirkt auch eine solche rasche Zersetzung in einer neuen Portion Würze viel leichter als eine solche Hefe, die bei einer langsamen Zersetzung oder Gährung abgeschieden wurde.

Bei einer raschen Gährung wird die neu gebildete Hefe fast sämmtlich durch die größeren Blasen der rasch entwickelten Kohlensäure an die Oberfläche der Würze getrieben und von hier auch in der Regel gewonnen oder abgesondert, während bei langsamer Gährung die Hefe sich bald wieder senkt und erst nach der Gährung am Boden des Gefäßes gewonnen wird. Man unterscheidet hiernach eine Ober- und Unterhefe und je nachdem man die eine oder die andere dieser Hefenart anwendet, eine Ober- und Untergährung.

Letztere oder die Untergährung wird vorzugsweise bei solchen Würzen angewandt, welche bei einem geringen Gehalte an Zucker oder Extract dennoch ein Bier von größerer Haltbarkeit liefern sollen, wie dies z. B. bei den Würzen zum baierischen Biere der Fall ist. Durch die Art der Hefe und durch die niedrige Temperatur wird hier die völlige Zersetzung des Zuckers möglichst verzögert. Ein solches Bier ist daher auch erst längere Zeit nach seiner Bereitung zum Genuß brauchbar und kann, der erforderlichen niedrigen Temperatur wegen, nur im Winter oder mit Hülfe von Eis gebraut, in guten Kellern aber auch längere Zeit aufbewahrt werden.

Die Oberhefe verwendet man dagegen zur Gährung von solchen Würzen, welche ein bald trinkbares Bier liefern sollen und bei höherer Temperatur in Gährung zu bringen sind; sie wird aber auch bei solchen Würzen oder Bieren angewandt, welche so viel Zucker enthalten, daß schon durch die theilweise Zersetzung desselben die zur Conservirung erforderliche Menge Alkohol sich erzeugt.

Die Obergährung geht viel rascher und kräftiger von Statten, als die Untergährung; sie wird deshalb auch noch bei solchen Würzen nöthig, deren Bestandtheile durch die Art der Darstellung, wie langes Kochen oder durch andere Beimischungen, weniger leicht zersetzbar und daher durch die schwächer wirkende Unterhefe nicht so vollständig als nöthig zersetzt werden können, z. B. die Würze zum Porterbier oder zu Bieren aus sehr stark gedörrtem Malze.

Der Proceß der Gährung, sowohl der Ober- als Untergährung, läßt drei verschiedene Perioden oder Gährungsstadien unterscheiden, je nachdem die vorhergehenden Veränderungen sich bemerkbar und diese eine besondere Behandlung nöthig machen.

Die erste Periode der Gährung beginnt je nach der angewandten Temperatur und Art der Hefe früher oder später nach dem Anstellen; ihr Anfang giebt sich durch die Ausscheidung eines Schaums auf der Oberfläche der Würze zu erkennen. Dieser Schaumrahm zeigt sich nach und nach in größerer oder geringerer Menge und von verschiedener Beschaffenheit, je nach Art und Stand der Gährung. Bald macht sich die Entwicklung der Kohlensäure bemerkbar, die zugleich eine Bewegung in der Würze verursacht. Die anfangs helle oder reine Würze wird durch die sich ausscheidende neue Hefe stark getrübt. Mit dem Fortschreiten der Gährung findet eine Verminderung der Dichtigkeit oder des specifischen Gewichts der Würze Statt. So lange diese Erscheinungen sich bemerkbar machen, bezeichnet man dieses erste Stadium als die wilde oder rasche Gährung, Hauptgährung, in ihr geht vorzugsweise die Zersetzung des Zuckers und die Bildung neuer Hefe vor sich; eben so wird darin das in der Würze enthaltene bittere Hopfenharz größtentheils mit der Hefe durch das Verschwinden des Zuckers wieder ausgeschieden.

Auf diese erste Periode folgt dann die Nachgährung, in der eine weitere Zersetzung des Zuckers wohl noch fortdauert und in gleichem Maße auch noch neue Hefe entsteht, ohne daß dadurch die in der Nachgährung eintretende Klärung der Würze oder Absonderung der bereits erzeugten Hefe gehemmt, diese Klärung durch die fortdauernde Gährung im Gegentheil befördert wird.

Nach Vollendung der Nachgährung oder erfolgter Klärung des Bieres dauert die weitere Zersetzung des noch vorhandenen Zuckers in fast unmerklicher Weise fort und auch eben so die der Ausscheidung neu gebildeter Hefe; man nennt deshalb diese weitere Veränderung der Würze die stille oder unmerkliche Gährung, in welcher das Bier zum Gebrauch kommt.

Ueber die Behandlung der Würze, je nachdem ein unter- oder obergähriges Bier daraus herzustellen ist, bleibt Folgendes specieller anzuführen:

Bei der Untergährung, wie sie in Baiern und mit der Verbreitung der baierischen Biere ziemlich verbreitet vorkommt, wird die Würze, nachdem sie auf den erforderlichen Grad abgekühlt ist, in Bottiche geleitet, welche im Gährlocal etwas erhöht am Boden aufzustellen sind; die Bottiche erhalten unten zwei Zapföffnungen, wovon die eine seitwärts zum Abzapfen des Bieres, die andere im Boden zum Herausbringen der Hefe dient. Je nach der äußeren Temperatur bringt man lieber größere oder kleinere Quantitäten zusammen in Gährung, und man findet deshalb auch Gährgefäße von verschiedener Größe für ein und denselben Betrieb. Für größere Betriebe, die in einem Sud circa 20 würtemberger Eimer oder etwa 5000 Berliner Quart produciren, hat man in der Regel Bottiche zu 3000 Quart, wovon dann zwei mit einem Gebräu gefüllt werden, oder solche bis zu 6000 Quart, die dann das ganze Gebräu fassen, wenn größere Kälte dies vortheilhaft erscheinen läßt. Meist werden jedoch die kleineren Gefäße vorgezogen, weil dann die Erhöhung der Temperatur, die durch den Gährungsproceß entsteht, weniger leicht eine Beschleunigung der Gährung verursacht.

Je nachdem man Winter- oder Sommerbier braut, je nach der Temperatur des Gährungslocals und nach dem Quantum kühlt man die Würze zum Winterbier auf 10 bis 7° C. und zum Sommerbier auf 7 bis 5° C.

Das Anstellen der Würze oder Zugeben der Hefe geschieht auf verschiedene Weise. Einige Brauer vermischen die Hefe zuvor mit einer kleinen Portion von der noch nicht völlig gekühlten Würze und geben diese der übrigen erst dann zu, wenn in der kleineren Menge die Gährung bereits eingetreten ist. Andere vermischen die Hefe nur mit wenig Würze und geben sie sogleich der übrigen im Gährbottich zu. Durch das erstere oder das sogenannte Herführen der Hefe oder des Zeugs bezweckt man eine Kräftigung der Hefe und eine rasche, gleichmäßige Vertheilung derselben mit der Würze, damit die Gährung recht gleichmäßig beginnt. Man kann durch diese Behandlung mit weniger oder mit einer minder kräftigen oder älteren Hefe die Gährung wesentlich fördern. Dagegen läuft man durch die Gährung einer wärmeren Würze Gefahr, daß dadurch dieser Proceß auch in der übrigen Würze leicht zu rasch und weniger regelmäßig erfolgt. Im Besitz einer kräftigen, gesunden Hefe glaubt man andererseits durch eine innige und wiederholte Vermischung der Hefe mit dem ganzen Quantum der Würze den gleichmäßigen Beginn der Gährung gleichfalls und ohne die Gefahr einer zu stürmischen Gährung erlangen zu können.

Zur gleichmäßigen Vertheilung der meist sehr dickbreiigen Hefe wird diese zunächst mit ein wenig Würze dadurch innig vermischt, daß man die Mischung wiederholt aus einem Kübel in den anderen gießt oder zieht und dies so oft wiederholt, bis das anfangs nur zur Hälfte damit gefüllte Gefäß durch den entstehenden Schaum ganz gefüllt wird. Ist dies erreicht, so giebt man die aufgezogene Hefe zu der im Bottich befindlichen Würze und vermischt sie hier gleichfalls durch wiederholtes Aufziehen, indem man die mit dem Handkübel geschöpfte Würze am Rande des Bottichs wieder hineinwirft. Dieses Aufziehen der Würze wird dann in den ersten 12 Stunden einige Mal wiederholt, um die allenfalls zu Boden gesunkenen Hefentheile wieder aufzurühren.

Die Menge des zuzugebenden Ferments richtet sich nach Beschaffenheit der Hefe, nach der Temperatur und nach dem Quantum der Würze. Gewöhnlich rechnet man $1/2$ bis $3/4$ Maß dickbreiige Hefe auf 100 Maß Würze. Je länger das Bier aufzubewahren ist, desto weniger Hefe darf man verwenden; ein Uebermaß ist zu vermeiden, da das Bier einen weniger reinen Geschmack davon erhält. Um möglichst wenig Hefe anzuwenden, vertheilt man nicht selten ein Gebräu in mehrere Gährgefäße und setzt am ersten Tage eine entsprechende Menge Ferment zu, füllt die Bottiche aber Tags darauf mit der Würze vom nächsten Sud ohne einen weiteren Zusatz von frischer Hefe. Die hier in der ersten Portion bereits entstandene Gährung genügt, diesen Proceß auch in der neuen Portion Würze fortzupflanzen. Man nennt dies Verfahren das Darauflassen, und es kommt meist beim Uebersieden vor, d. h. in dem Falle, wo man in den regelmäßigen Betrieb ein Gebräu einschiebt und die Würze davon auf vorhergehende vertheilt; man trifft es aber auch im regelmäßigen Betriebe angewandt, weil man ein feines Bier mit schönem Glanz dadurch erhält. Man darf nur im ersten Stadium der Gährung frische Würze der bereits gährenden zusetzen.

Die Hauptgährung zeigt bei einer regelmäßigen Untergährung folgende Erscheinungen. Nach 8 bis 12 Stunden bedeckt sich die Oberfläche mit einem leichten weißen Schaume oder Rahm, der nach weiteren 12 Stunden durch die neu ausgeschiedene Hefe, die in regelmäßig geformten Bändern (Kräusen) vom Rande des Gefäßes her aus dem Biere hervorquillt, nach der Mitte zu verdrängt wird. Dabei wird dann auch die Entwicklung von Kohlensäure durch einen stechenden Geruch oberhalb des Bieres bemerkbar. Die Kräusen vermehren und erhalten sich bei einer kräftigen regelmäßigen Gährung oder bei einer gesunden, nicht zu warm angestellten Würze 2 bis 4 Tage, vereinigen sich dann aber zu einer mehr schaumigen Masse, die sich mit dem Schwächerwerden der Gährung nach und nach vermindert. Auf das Verhalten der Kräusen zeigt die Güte und Art des Hopfens, bei der Anwendung ein und desselben Malzes, einen merkbaren Einfluß, wie denn überhaupt nur stärker gehopfte Würzen ihren Hefenschaum in so regelmäßiger Form ausscheiden. Ist die Würze zu kalt oder das Ferment nicht kräftig und nicht gut vertheilt, so wird die Würze nicht vollständig von den Kräusen bedeckt, es entstehen dann sogenannte kalte Platten, die man durch Bedecken oder durch besseren Schutz gegen stärkere Abkühlung vermeiden kann. Bei schlechtem Hopfen und weniger gesunden Würzen verschwinden die Kräusen bald und es kommt dann nicht selten vor, daß nach dem Verschwinden derselben vom Rande des Bottichs her ein neuer Hefenausstoß erfolgt; ein solcher Nachtrieb verzögert die Klärung und hat eine zu starke Vergährung der Würze zur Folge, die sich dann auch schon durch eine stärkere Entwicklung der Kohlensäure zu erkennen giebt. Noch schlechter ist die Gährung, wenn sich größere Blasen auf der Oberfläche zeigen, das Bier wird dann nur eine geringe Haltbarkeit besitzen. Als normal ist die Gährung zu bezeichnen, wenn sich die Schaumdecke gleichmäßig vermindert und die Oberfläche

mit einer zähen, consistenteren, braunen Masse bedeckt bleibt, die Würze aber bald in einer kleinen Probe zwischen den ausgeschiedenen Hefentheilen geklärt, die Hefe aber in gröberen Flocken erscheint.

Mit dem Fortschreiten der Gährung vermindert sich das specifische Gewicht der Würze und die Hauptgährung ist als vollendet zu betrachten, sobald mittelst des Saccharometers binnen 12 bis 24 Stunden keine merkbare Abnahme zu beobachten ist. Der erlangte Vergährungsgrad während der Hauptgährung, der zwischen 50 und 75 Procent des ursprünglichen Extracts beträgt, bezeichnet wesentlich den Verlauf derselben, sowie die Beschaffenheit des Bieres und dessen zu erwartende Haltbarkeit. Je rascher und je weiter die Vergährung erfolgte, um so geringer wird für gleich starke Würzen auch die Haltbarkeit des Bieres zu erwarten sein, natürlich für gleich gute Aufbewahrung und gleich gute Keller.

Nach Beendigung der ersten Gährung wird die gegohrene Würze als **Jungbier** oder **grünes** Bier bezeichnet, bei einem regelmäßigen Verlauf soll dasselbe bald nach der Hauptgährung nur durch die in einer klaren Flüssigkeit schwimmenden Hefentheile getrübt erscheinen. Diese setzen sich darin mehr oder weniger schnell zu Boden, und je nachdem dies erfolgt, wird die Zeit der Trennung des Jungbieres von der bereits abgeschiedenen Hefe, oder die Zeit des **Fassens** bestimmt, das Bier aber als mehr oder weniger **reif** bezeichnet.

Je rascher und vollständiger die Nachgährung verlaufen soll, desto grüner oder mit um so mehr Hefe ist das Jungbier zur Nachgährung auf die Lagerfässer zu bringen, und umgekehrt, je länger das Bier aufzubewahren ist, desto **reifere** oder desto weniger Hefe darf man mit in die Lagerfässer bringen. Der Brauer schätzt die erfolgte Ablagerung der Hefe nach der in dem Biere noch schwimmenden, wozu er eine kleine Probe desselben in einem Glase mit flachem Boden kurze Zeit an einen wärmeren Ort stellt, wo sich die noch in dem Biere schwimmenden Hefentheile bald zu Boden setzen; nach der Menge der hier abgelagerten Hefe beurtheilt man die Zeit zum **Fassen** oder Abziehen aus den Gährgefäßen auf die Lagerfässer zur Nachgährung.

Das Jungbier zum Winterbier, welches 3 bis 6 Wochen nach dem Brauen schon trinkbar werden soll, ist grüner oder mit mehr Hefe zu fassen, als zum Sommerbier, bei welchem nur wenig Hefe mit in das Lagerfaß kommen soll, und deshalb zuvor eine größere **Reife** erlangt werden muß. Die Dauer der ersten Gährungsperiode beträgt bei der Untergährung, je nach dem Quantum und der Anstellungstemperatur, Concentration und Güte der Würze 8 bis 14 Tage; stark oder schwachgedörrtes Malz, Menge und Beschaffenheit des Hopfens, Quantität und Qualität der Hefe, selbst die Beschaffenheit des Wassers, machen sich hierbei bemerkbar.

Bevor das Bier gefaßt oder abgezogen wird, ist die auf der Oberfläche schwimmende Schaumdecke sorgfältig zu entfernen, sie enthält das mit der Hefe ausgeschiedene unangenehm bitter schmeckende Hopfenharz, welches durch den Zucker der Würze in Lösung kam, nach dem Verschwinden des Zuckers aber wieder ausgeschieden wurde. Versäumt man das Abnehmen dieses Schaums, so wird dieses Harz nach und nach durch den Alkohol des Bieres wieder gelöst und ertheilt demselben eine unangenehme Bitterkeit, die nicht selten glauben läßt, das Bier verdanke diesen Geschmack einem angewandten Surrogate des Hopfens.

Ferner hat man bei dem Abzapfen oder Fassen des Bieres darauf zu achten, daß nicht zu viel von der am Boden liegenden Hefe mit in die Lagerfässer kommt, weil sonst die Nachgährung zu schnell verläuft und das Bier weniger haltbar wird, weshalb man auch mit dem erst spät zum Ausschank kommenden Sommerbiere hierin viel vorsichtiger sein muß, als beim Winterbier. Man läßt den Rest des Bieres, sobald es durch die Hefe getrübt sein sollte, einige Zeit in einem mehr hohen Gefäße stehen, worin sich die Hefe dann bald hinreichend absetzt.

Von der zurückbleibenden Hefe verwendet man nur die reinste und consistenteste zum Anstellen neuer Würze. Diese bessere Hefe findet sich zunächst unter einer dünnen Schicht leichterer Hefentheile, die man zuvor durch Neigen des Gefäßes oder durch vorsichtiges Ableiten aus der unteren Oeffnung entfernt, dann die bessere, consistentere Hefe mit der Vorsicht, daß sie nicht mit der nahe am Boden liegenden alten Hefe vermischt wird, zu gewinnen sucht. Diese ältere Hefe erscheint als eine dunkle, geronnene Masse, die man vor der Verwendung der besseren Hefe, nachdem sie mit etwas Bier verdünnt, aber noch nicht aufgezogen wurde, durch ein feines Sieb noch sorgfältiger trennt. Man erhält, je nachdem das Bier grüner oder reifer gefaßt wurde, von 100 Pfund des verwendeten Malzes 12 bis 16 Pfund dickbreiige und 6 bis 8 Pfund dünnere Hefe nach einer normalen Gährung; schlechtere Gährungen geben mehr dünne und weniger consistente Hefe. Man wählt zur neuen Anstellung immer nur die bessere Hefe einer recht regelmäßigen Gährung, das Uebrige findet eine Verwendung in den Brennereien und wird zur Weißbrodbäckerei benutzt, nachdem man den bitteren Geschmack derselben durch Abwässern, nach **Otto** mit Zusatz von kohlensaurem Ammoniak, davon entfernt hat.

Was die Behandlung und Lagerung des Bieres zur Nachgährung betrifft, so ist dies noch eine der wichtigsten Aufgaben des Bierbrauens, namentlich in Beziehung auf Haltbarkeit und Frische des Bieres. Alle Anforderungen in dieser Beziehung steigern sich mit der Dauer der Aufbewahrung, sie sind deshalb für das Sommerbier weit wichtiger, als für das Winterbier.

Die Lagerfässer zum baierischen Bier werden fast allgemein **ausgepicht**, d. h. sie erhalten innen einen dünnen Ueberzug von Pech oder Harz, wodurch eine größere Reinlichkeit gesichert und das Bier auch mehr gegen nachtheilige äußere Einflüsse geschützt wird; dabei verzögert das Harz die weitere Zersetzung des Bieres.

Das **Auspichen** der Fässer wird auf verschiedene Weise vorgenommen. Gewöhnlich bringt man in neue Fässer zunächst eine Partie geschmolzenes Harz, für kleinere ein mehr weiches nicht entöltes, für größere kann man dagegen mehr das billigere, entölte Colophonium verwenden. Nach dem Eingießen wird das Faß schnell nach allen Seiten gedreht, damit sich das Pech oder Harz gleichmäßig vertheile; hierauf wird das Faß geöffnet, der vordere Boden herausgenommen und das Faß nach vorn ein wenig unterlegt, damit es hinterwärts

tiefer liegt. Man bringt nun ein wenig geschmolzenes Harz in das Faß und entzündet es in der Regel mit einem glühenden Eisen. Während das Pech zur Erwärmung des Fasses innen brennt, regulirt und mäßigt man diesen Brand durch das Vorhalten des herausgenommenen Bodens durch mehr oder weniger Luftzutritt, damit das Faß selbst nicht durch die ausströmende Pechflamme verbrennt oder verkohlt. Ist das Faß innen hinreichend erhitzt, was man an dem Abfließen des Peches erkennt, so wird das Feuer durchs Schließen gedämpft, der Boden dann aber rasch eingesetzt oder das Faß geschlossen, durch die Spundöffnung ein wenig Wasser in das Faß gebracht, dieses wieder geschlossen und rasch auf beiden Böden nach allen Seiten gedreht, damit sich das geschmolzene Pech recht gleichmäßig vertheile; der Zusatz des Wassers dient hier zur Erzeugung von Wasserdampf, durch dessen Druck das geschmolzene Pech in alle Fugen gepreßt wird. Dieser Wasserdampf macht es aber nöthig, das Faß bald wieder zu öffnen, damit dasselbe nicht durch den Dampfdruck zerspringt. Man bringt das Faß mit seiner Spundöffnung über ein Gefäß, in welches das nicht anhaftende noch flüssige Pech abläuft. Damit das zurückgebliebene in dem heißen Fasse nicht zusammenläuft, muß dasselbe noch einige Zeit langsam umher gewälzt werden.

Bei dieser gewöhnlichen Art des Faßpichens geht viel Harz durch das Verbrennen verloren und auch die Fässer werden dabei, theils durch die Flamme, theils durch das rasche und unvorsichtige Zuschlagen, bald zerstört. Zweckmäßiger wird die Erwärmung mittelst erhitzter Luft erreicht, doch ist hierzu ein umständlicher Apparat erforderlich. Mitunter hat man in dem vorderen Boden der Lagerfässer eine größere Oeffnung, eine Thür, wie an den größeren Weinfässern, durch welche man ein langes, schmales Kohlenbecken in das Faß schieben kann, um dieses zu erhitzen. Nachdem dies erreicht, wird der Thürverschluß mittelst einer Schraube von innen nach außen angezogen, und dann recht heißes Pech in Uebermaß in das Faß gebracht, dieses gewälzt und das überflüssige Pech aus der Spundöffnung wieder entfernt und die Fässer wie oben gekühlt. Bei diesem Verfahren werden die Fässer sehr geschont, nur erfordert der Verschluß der Thüröffnung größere Vorsicht, um sie recht dicht zu erhalten.

Für starke alkoholreiche Biere ist das Auspichen der Fässer nicht anzuwenden, weil dieses Pech vom Alkohol leicht gelöst und das Bier dadurch einen unangenehmen Pechgeschmack erhält; eben so ist das Auspichen der Fässer für den Transport nicht geeignet, weil hierbei das Pech leicht abspringt. Für solche Biere und Zwecke werden die Fässer vor dem Füllen ausgeschwefelt, wie zum Wein.

Zur Nachgährung und längeren Aufbewahrung muß das Bier in um so kältere Keller gebracht werden, je schwächer das Bier und je länger es lagern soll. Man unterscheidet hiernach für die baierischen Biere Winter- und Sommerbierkeller. Die Keller für das Winterbier trifft man in der Nähe der Kühlen, meist direct unter derselben; die für das Sommerbier, die eigentlichen Lagerkeller, liegen dagegen oft entfernter von der Brauerei, oder da, wo der Grund und Boden den Anforderungen, die für die Anlage eines guten Kellers zu stellen sind, mehr entspricht.

Gute Lagerkeller sollen vor Allem recht trocken sein und für die Aufbewahrung des Sommerbieres nicht über 5° C. sich erwärmen. Um eine so niedrige Temperatur zu erhalten, müssen die Lagerkeller im Winter recht ausfrieren, was man durch geeigneten Luftzug im Laufe des Winters zu erreichen sucht. Mitunter werden die Keller durch Eis kalt erhalten; es ist jedoch nicht zweckmäßig, das Eis direct in die Keller zu bringen, weil diese dadurch unnöthig erkalten und das Eis durch die aus dem ganzen Kellerraum zugeführte Wärme bald schmilzt; auch macht das Eis die Keller, wenn sie nicht in einem zerklüfteten Gestein liegen, sehr feucht. Bei zweckmäßigen Kelleranlagen werden deshalb für die Aufbewahrung des Eises besondere Räume hergestellt, die dann beliebig durch eine oder mehrere Oeffnungen mit dem Keller in Verbindung zu bringen sind. Hat man mehrere Kellerabtheilungen, wie dies bei größeren Anlagen meist der Fall ist, so erhält jede Abtheilung ihren besonderen Eisbehälter, der dann nicht früher mit der Abtheilung in Verbindung zu bringen ist, als dies durch eine zu befürchtende nachtheilige Temperaturerhöhung geboten wird.

Um das Eis in diesen besonderen Räumen gegen das Eindringen der Erdwärme, die fortwährend, wenn auch nur durch geringe Wärmegrade, an dem Eise zehren würde, möglichst zu schützen, umgiebt man sie mit einer doppelten Mauer, die einen schmalen Luftraum von allen Seiten einschließt. Am geeignetsten bringt man den Eisbehälter ganz oberhalb der Kellerabtheilungen an, weil hier das Eis leichter mit einer die Wärme nicht leitenden trocknen Luftschicht zu umgeben ist, während die im Boden stets feuchte Luft zu den besseren Wärmeleitern gehört.

Die zweckmäßige Anlage, Einrichtung und Behandlung guter Lagerkeller bedingt in hohem Grade die Erhaltung der Güte des Bieres und macht es allein möglich, aus wenig Malz ein länger dauerndes, erfrischendes Bier zu liefern; denn nur in kälteren Kellern ist die vollständige Zersetzung des Zuckers zu verzögern und das Bier fähig, eine größere Menge Kohlensäure zu absorbiren oder aufzunehmen.

Das Winterbier bringt man in der Regel auf kleinere Fässer von 500 bis 1000 Quart Gehalt, während man zu dem Sommerbier Fässer bis zu 2000 Quart verwendet. Man wählt zu dem ersteren die kleineren Fässer, weil in diesen die Nachgährung schneller eintritt und verläuft, und das Bier dadurch schneller zum Verkauf zu bringen ist. Die Fässer zum Winterbier werden auch gleich damit ganz gefüllt, während man die Fässer zum Sommerbier erst nach und nach füllt. Die Vertheilung auf mehrere Fässer läßt hier später ein gleichmäßigeres Bier zum Verkauf bringen und macht es möglich, durch das Auffüllen von grünerem oder reiferem, stärker oder schwächer vergohrenem Jungbier, durch kältere oder wärmere Sude auf den Verlauf der Nachgährung in den schon zum Theil gefüllten Fässern einzuwirken; auch wird die Nachgährung des Jungbieres durch die Vertheilung in kleinere Portionen in den kälteren Lagerkellern mehr zurückgehalten. Endlich trägt die Auffrischung des älteren mit dem jüngeren Biere wesentlich zur Erhaltung desselben

bei und es wird deshalb auch die letzte Auffüllung der zuerst gebrauten Sommerbiere oft bis zum Schluß der Brauzeit verschoben.

Nach dem Füllen beginnt die Nachgährung oder weitere Klärung des Bieres früher oder später, je nachdem das Bier grüner oder reifer gefaßt wurde, und je nach der Temperatur des Kellers. Es zeigt sich dabei auf den ganz gefüllten Fässern über der Spundöffnung ein weißer Schaum. Soll das Bier bald zum Verkauf kommen, so hat man die Fässer ganz voll zu erhalten, wodurch die Nachgährung beschleunigt wird. Ist das Bier hinreichend stark und zeigt sich die Vergährung lebhaft, so kann man reines Brunnenwasser zum Nachfüllen oder Vollhalten der Fässer verwenden, im anderen Falle nimmt man dazu grünes oder reiferes Bier.

Während der Nachgährung wird das Bier nach und nach heller und die Absonderung des Schaums immer schwächer; erscheint das Bier ganz hell, blank, so kann man die Fässer verspunden oder zuschlagen, spinden, worauf das Bier innerhalb 8 bis 14 Tagen moussirend und trinkbar sein wird. Durch das Schließen oder Spinden der Fässer wird das Entweichen der Kohlensäure verhindert und diese dadurch von dem Biere in größerer Menge absorbirt, wodurch es seinen Trieb oder die Eigenschaft zu moussiren erhält.

Bei zu spät gefaßtem Biere kommt es nicht selten vor, daß die Nachgährung nicht eintreten will, das Bier sich also auch nicht klärt. In einem solchen Falle muß man etwas von dem Biere abziehen und das Faß mit sogenanntem Kräusenbier, welches in voller Gährung steht, wieder füllen.

Mitunter wird beim Spinden der Fässer solches Kräusenbier zugesetzt, damit es beim Ausschenken stärker schäume. Dieses Aufkräusen des Bieres ist in Altbaiern, namentlich in München, beim Winterbiere allgemein gebräuchlich; in den dortigen Brauereien vermischt man das durch die Nachgährung geklärte Bier mit 6 bis 10 Proc. Kräusenbier und giebt es ungespindet an die Wirthe ab, die es zunächst einige Tage offen lagern, dann aber spinden und nach 4 bis 6 Tagen von den gespindeten Fässern direct ausschenken.

Das in den Brauereien oder auf den Lagerfässern gespindete Bier wird, wie gesagt, nach erlangtem Trieb auf kleinere Transport- oder Schenkfässer gefüllt und in diesen zum Verkauf gebracht. Bei dem Abziehen der gespindeten Lagerfässer ist zunächst mit Vorsicht der Spund zu öffnen, damit die freie Kohlensäure nicht plötzlich entweiche, wodurch sonst leicht ein Aufsteigen der abgelagerten Hefe entstehen kann. Diese Vorsicht ist um so nöthiger, je grüner das Bier gefaßt oder je mehr Hefe mit in das Lagerfaß gebracht wurde. Es ist dies auch der Grund, warum man in Altbaiern das Schenkbier, welches man dort sehr grün faßt, wodurch es weniger vergährt und sich doch schnell klärt, in den Lagerfässern gar nicht spindet und den Trieb erst in dem von der Hefe getrennten Biere durch das Aufkräusen hervorbringt. Man kann das Bier dadurch früher zum Verkauf bringen und macht es milder oder süffiger, wodurch das Münchener Bier so beliebt ist.

Bei gehaltreichen Bieren ist das Spinden auf den Lagerfässern nicht immer nöthig, namentlich wenn es nach dem Abziehen nicht gleich zum Ausschank kommt, wie dies bei den weiter zu versendenden Bieren der Fall ist. Diese erhalten nach dem Abziehen auf den Schenkfässern ohne weiteren Zusatz noch hier den nöthigen Trieb. Ein gespindetes oder ein mit der Kohlensäure getränktes Bier muß innerhalb einer gewissen Zeit zum Verbrauch kommen, weil es sonst seinen Trieb wieder verliert und dann auch leicht trübe wird. Es tritt dies bei jüngeren Bieren leichter ein, als bei mehr abgelagerten, weshalb man auch die mit älterem Sommerbier gefüllten Lagerfässer 3 bis 4 Wochen vor dem Abziehen fest schließen oder spinden kann. Diese werden nach dem letzten Auffüllen und Aufstoß des Hefenschaums mit dem Spunde nach und nach fester geschlossen und dann vor dem Spinden nochmals mit Wasser aufgefüllt.

Nach dem Abziehen des gespindeten Bieres findet sich am Boden die Hefe abgelagert, die theils das Bier beim Fassen noch trübte, theils ist es auch solche, die während der Nachgährung neu erzeugt wurde; sie bildet zusammen die sogenannte Faß- oder Bodenhefe, die mit dem trüben Bier meist in der Brennerei verwendet wird. Bei gutem Biere lagert sich diese Faßhefe ziemlich fest am Boden ab und man erhält dann nur wenig solche Hefe; ist das Bier weniger gut, so zeigt sich die Bodenhefe viel leichter, sie hängt dann auch nicht selten im ganzen Fasse umher und das Bier wird dadurch beim Abziehen leicht getrübt, wenn es auch anfangs ganz hell erschien. In einem solchen Falle muß man das Abziehen unterbrechen und einige Zeit warten, bis das Bier wieder hell erscheint. Durch Klopfen mit dem Hammer an die Seiten und Böden des Fasses sucht man auch wohl schon vor dem Spinden die hier anhängende Hefe mehr auf den Boden zu bringen. Leidet das Bier durch schlechtes Material oder schlechte Keller leicht an dieser fehlerhaften Beschaffenheit, in welchem Falle die Klärung des Bieres während der Nachgährung auch nicht zeitig eintreten wird, so kann man die Klärung dadurch befördern, daß man während der Nachgährung ein paar Handvoll gut ausgelaugte buchene Hobelspäne in die Fässer bringt, an welche sich die leichten Hefentheile ansetzen und mit diesen dann zu Boden sinken. Nach dem Abziehen des Bieres lassen sich die Lagerfässer nicht immer gleich aus dem Keller zur Reinigung entfernen, man schließt sie dann nur gut, damit die Luft nicht zutreten kann, oder bringt auch wohl zuvor etwas brennenden Schwefel hinein und läßt sie bis zum Ausräumen der ganzen Kellerabtheilung gut verschlossen liegen.

Zur Untergährung gehört auch die Selbstgährung, welche ohne Hefenzusatz eintritt, und die bei den meisten belgischen Bieren angewandt wird. Diese werden, wie erwähnt, nicht aus Malz allein, sondern mit einem Zusatz von ungemälztem Getreide hergestellt, wodurch die Würze zur Selbstgährung mehr geneigt wird, welche man mitunter noch dadurch befördert, daß man ungekochte Würze zusetzt. Die gekühlte Würze wird in Fässern von 2 bis 3 Hektoliter vertheilt und diese in mäßig kühlen Kellern gelagert; die bald früher, bald später eintretende Gährung erfordert mehrere Monate, mitunter mehr als ein Jahr, bis das Bier hell und trinkbar wird. Anfangs wird ein häufigeres Nachfüllen der Fässer nöthig, später werden diese mit einem fein durchlöcherten langen

Spund geschlossen, um den Zutritt der Luft abzuhalten, der Kohlensäure aber noch einen Ausweg zu gestatten. Diese Behandlung ist der des Weines fast gleich und das Product zeigt sich auch als ein säuerlicher Getreidewein, dessen Geschmack nur durch Gewohnheit ein beliebter sein kann.

Von den Ausfüllfässern muß ein auf dem Lagerfaß gespindetes Bier bald zum Verbrauch kommen, da es seinen Trieb und seine Frische nicht lange behält, namentlich wenn es nicht sehr gehaltreich ist. Soll das Bier weiter transportirt werden, so wird es auf dem Lagerfasse nicht gespindet, da es durch den Transport hinlänglich Trieb erhält; vor dem Ausschenken muß solches Bier einige Zeit ruhig gelagert werden.

Bei der Anwendung von Oberhefe unterscheidet man zwei Arten von Obergährung, und zwar eine für Lagerbiere und eine für solche Biere, die wenige Tage nach dem Brauen schon trinkbar werden sollen. Da für erstere die Hauptgährung entweder ganz oder nur bis zu einem gewissen Zeitpunkt, wie bei der Untergährung, im Bottiche verläuft, während für die anderen Biere die Würze gleich nach dem Anstellen auf kleinere Fässer vertheilt wird, so unterscheidet man auch wohl zwischen Bottich- und Faßgährung.

Bei der Obergährung ist die Behandlung eine weit verschiedenere, als bei der Untergährung und es wird dadurch die größere Verschiedenheit der obergährigen Biere, wozu fast alle die sogenannten Localbiere gehören, begründet. Der größte und einflußreichste Unterschied findet in der Behandlung des Bieres in der ersten Gährungsperiode Statt, und zwar in der bald früheren, bald späteren Unterbrechung dieser Gährung, in der Trennung von der dabei erzeugten Hefe oder mehr oder weniger Absonderung derselben.

Es können hier nur einige der gebräuchlichsten Behandlungen specieller angegeben werden.

Zu den obergährigen Lagerbieren wird die Würze, je nach der Stärke des Bieres und Temperatur des Gährlocals auf 15 bis 10° C. abgekühlt und in größeren Stellbottichen mit der nöthigen Hefe vermischt. Die Menge der zuzusetzenden Hefe wird sehr verschieden angegeben, für länger dauernde Biere ist sie möglichst zu beschränken; je nach dem Quantum und der Temperatur der Würze, Güte der Hefe genügt $1/2$ bis $3/4$ Maß dickbreiige Hefe auf 100 Maß der Würze. Allgemein findet hier aber ein Herführen oder Vorstellen der Hefe Statt, um den Beginn der Gährung zu beschleunigen, weil die wärmere Würze ohne Gährung viel leichter eine nachtheilige Aenderung erleidet, als dies bei der starkgekühlten Würze zur Untergährung zu befürchten steht.

Die Erscheinungen der Obergährung unterscheiden sich von der Untergährung nur dadurch, daß sie weit rascher auf einander folgen, und dies zunächst durch die Anstellungstemperatur bedingt wird; doch macht sich dabei auch die Menge und Güte des angewandten Hopfens bemerkbar. Die Würze überzieht sich bald nach dem Zugeben der Hefe mit einem weißen Schaum oder Rahm, der sich schnell vermehrt und aus welchem dann auch bald eine weißere, mehr oder weniger geformte, bei der Verwendung von viel Hopfen gekräuselte Hefe von intensiv bitterem Geschmack hervorbricht; es ist dies der sogenannte Hopfentrieb, der aber nur kurz bemerkbar wird, da sich die Masse bald zu einer zäheren gelblichen Hefe verdickt, die oft zu einer bedeutenden Höhe emporsteigt und als der Hefentrieb bezeichnet wird. Auch diese Masse sinkt, je nach der Temperatur, früher oder später wieder zusammen und hinterläßt eine dickbreiige Hefenschicht auf der Oberfläche des gegohrenem Bieres. Die Hauptgährung ist damit vorüber, die heftig stattgefundene Entwicklung der Kohlensäure läßt rasch nach und gestattet den Zutritt der Luft, wodurch die Schaum- oder Hefendecke immer dunkler gefärbt wird.

Wie schon erwähnt, wird dieser ganze Proceß selten in ein und demselben Gefäße abgewartet, er wird bei den verschiedenerlei auf Obergährung gebrauten Bieren bald früher, bald später durch das Abziehen der noch gährenden oder nahezu ausgegohrenen Würze unterbrochen.

In Böhmen, wo noch jetzt das meiste Lagerbier auf Obergährung gebraut wird, läßt man die Hauptgährung nahezu vollständig in dem Stellbottiche verlaufen, entfernt aber zeitig den verdickten Hefenschaum von der Oberfläche des Bieres und füllt dieses zur Nachgährung auf die Lagerfässer, sobald die Hauptgährung als beendigt erscheint. Die Lagerfässer werden gleich ganz gefüllt und durch einen dazu bestimmten Rest (Füllbier) stets voll erhalten. Die Fässer liegen entweder auf steinernen Trögen, worin das bei der Nachgährung ausgetriebene Hefenbier sich sammelt, oder es dient zum Auffaugen dieses Bieres für je zwei Lagerfässer eine unter denselben aufgestellte kleine Wanne. Ist die Nachgährung beendigt, so wird das Faß mit dem Spund längere Zeit nur bedeckt, dann aber nach und nach fester geschlossen und, je nach dem Alter des Bieres, früher oder kürzer vor dem Ausfüllen oder Verkauf wie bei der Untergährung gespindet.

Die Absonderung der Hefe bei der ersten Gährung erhält das Bier süßer oder substanziöser, als dies bei der Untergährung der Fall sein würde.

Eine ähnliche Behandlung findet bei der Bereitung der früher in Norddeutschland beliebten Doppel- oder Märzbiere Statt. Hier wird die Hauptgährung noch früher unterbrochen und das Jungbier noch ganz trübe zur Nachgährung auf Klärfässer gefüllt, welche im Gährlocale selbst liegen und hier gleichfalls durch Nachfüllen stets voll zu erhalten sind. Erst nachdem das Bier auf diesen Fässern völlig klar erscheint, wird es ohne Hefe auf die Lagerfässer gebracht, wo es dann meist gleich fest verspindet, je nach der Temperatur des Kellers länger aufzubewahren ist. Es sind dies in der Regel sehr gehaltreiche Biere, die schon durch ihren Alkoholgehalt eine größere Haltbarkeit besitzen. Sowohl die Bierfässer, als die Lagerfässer werden vor dem Füllen stark geschwefelt, was gleichfalls ihre Haltbarkeit vermehrt.

In England bringt man die auf 15 bis 10° C. gekühlte Würze zunächst in einen größeren Bottich, stellt sie mit der nöthigen Hefe und läßt hier die Hauptgährung je nach der Art des Bieres, und je nachdem dasselbe länger oder kürzer aufzubewahren ist, vorschreiten, bevor man es auf die eigentlichen Gährstanden oder Fässer vertheilt. Es sind dies meist mehr hohe als weite Standen, die auch oben einen festen Boden, aber in demselben eine größere Oeffnung erhalten. Zwischen je zwei Reihen

solcher Standen ist eine Rinne angebracht, in welche sich die Hefe ergießt, die aus der oberen Oeffnung der Standen hervorquillt und von hier durch eine kurze Rinne in jene gemeinschaftliche geleitet wird. In dieser letzteren Rinne wird die sich absetzende Hefe zurückgehalten, während das mit ausgetriebene Bier, davon abgesondert, wieder zum Auffüllen der Gährstanden dient. Ist hier die Gährung vollendet, so wird das helle Bier zunächst auf größere Lagerfässer gebracht, und nachdem es längere Zeit gelagert, kommt es, in kleinere Transportfässer oder in Flaschen gefüllt, zur Versendung. In den besser eingerichteten Brauereien findet man statt der Gährstanden kleinere, nur 700 bis 800 Quart enthaltende, horizontal auf einem Gerüst in Zapfen hängende Fässer, wodurch sie leicht zu wälzen oder zu rollen sind. Vom Spundloch führt ein gebogenes Rohr die Hefe mit dem ausgetriebenen Biere in die gemeinschaftliche Hefenrinne, aus welcher das Bier, wie bereits angegeben, in die Gährfässer zurückfließt, um diese stets gleich voll zu erhalten.

Die sorgfältige Trennung der Hefe von dem Biere läßt dies recht reinschmeckend und haltbar gewinnen. Die kleineren Gefäße machen die durch den raschen Gährungsproceß erzeugte Wärme weniger schädlich. Um diese Temperaturerhöhung in den großen, zwischen 20- bis 30,000 Quart fassenden Gährbottichen zu mäßigen, befindet sich eine Röhrleitung in denselben, durch die kaltes Wasser circulirt, welches die Wärme ableitet.

Otto macht über die Stärke der Würzen und über die Dauer der Gährung der in England gebrauten Biere folgende Angaben:

„Bei einem Probesude zeigte die Würze für zum Export bestimmtes Ale 21 Procent vor dem Anstellen, die Würze zu dem gleichzeitig gebrauten Tafelbiere 11 Procent. Die Würze zum Ale blieb 4 Tage in dem großen Bottiche und war darin auf 9½ Procent vergohren; in den kleineren Gährbottichen dauerte die Nachgährung 5 Tage und sie kam darin auf 6½ Procent herab.

Die Würze zum Tafelbiere kam schon nach 38 Stunden in die kleineren Fässer und nach 48 Stunden von hier sogleich auf die gewöhnlichen Fässer, in welchen das Bier auch nach 2 bis 3 Monaten zum Verschank kommt.

Das Ale zum Export wird meistens erst nach ungefähr 2 Jahren aus den Lagerfässern auf die kleineren Fässer oder auf Flaschen zum Verkauf gezogen. Es ist dann vollkommen klar, hat viel Körper und moussirt leicht.

Bei einem Probesude für gewöhnliches Ale zeigte die Würze beim Anstellen etwa 13,5 Procent. Es wurden dazu die Würzen von den beiden ersten Güssen und die Würze der beiden folgenden Güsse jede für sich gekocht und gekühlt, dann wurde die Würze gemischt.

Würze für starken Porter (Brown stout) zeigte beim Anstellen 20 Procent, sie kam nach 36 Stunden aus dem großen Gährbottiche in die kleineren, wo die Gährung noch 3 Tage dauerte. Sie war dann auf circa 6 Procent vergohren. Würze für gewöhnlichen Porter zeigte vor dem Anstellen 12,5 bis 14,5 Procent. Die Würze zu dem sogenannten Amberbiere hatte 9 Procent, die zum Tafelbiere 7½ bis 8 Procent."

Auffallend ist in England die Aufbewahrung des, wie aus Vorstehendem ersichtlich, nicht einmal immer starken Bieres in nichts weniger als kalten Räumen, da man dort keine tieferen Keller findet. Sicher verdankt man die Möglichkeit einer solchen Aufbewahrung zunächst der vortrefflichen Gerste und dem daraus bereiteten Malze, worin ich nicht ein einziges nicht gewachsenes Korn fand; hierdurch wird die Gewinnung einer gesunden Würze zunächst gesichert. Ferner verleiht der geschwefelte und dadurch sicher gut erhaltene Hopfen dem Biere eine weit größere Haltbarkeit; auch die reichliche Menge des Hopfens, dessen Bitter durch eine baldige und sorgfältige Trennung der Hefe zu mildern ist, trägt wesentlich zur Gewinnung einer reineren Würze bei, und die frühzeitige Trennung der in Ueberfluß erzeugten Hefe wirkt wohl nicht weniger auf die leichtere Erhaltung des Bieres.

Nicht ohne wesentlichen Einfluß erscheint aber auch die Gleichmäßigkeit der Temperatur, die das englische Klima zeigt. Die Erfahrung lehrt, daß ein Wechsel der Temperatur am schädlichsten auf die Haltbarkeit des Bieres einwirkt, daß dasselbe in gleicher, wenn auch höherer Temperatur sich länger gut erhält. Dieselbe Beobachtung macht man auch beim Wein, und sicher würden selbst die starken Weine in dem Labyrinth der Londoner Weindocks ein kürzere Dauer zeigen, wenn hier Wärme und Kälte so wechselten, wie in unserem Klima. Ist die Hefe, die sich in jeder gegohrenen Flüssigkeit befindet, ein Gewächs, so ist der Nachtheil eines Temperaturwechsels um so erklärlicher, da dieser dem Gedeihen und der gesunden Erhaltung aller Pflanzen am nachtheiligsten wird.

Die Obergährung für solche Biere, welche schon wenige Tage nach dem Brauen trinkbar werden sollen, erfordert keine stärkere Abkühlung der Würze, und ihre Bereitung beschränkt sich deshalb nicht auf eine kältere Jahreszeit. Die Würze wird, je nach der Art des Bieres, auf 25 bis 15° C. gekühlt und von der Kühle zunächst in einen größeren Stellbottich geleitet, wo ihr die Hefe in der Regel in der Weise zugesetzt wird, daß man diese mit ein wenig Würze vermischt, in einen Kübel oder ein Gefäß bringt, welches oberhalb des Stellbottichs aufgestellt oder aufgehangen wird, daß die bald übergährende Masse, während die Würze von der Kühle in den Bottich fließt, direct sich damit vermischt; was dann nach dem Ablauf der Würze im Hefenkübel zurückgeblieben, wird gleichfalls ausgeleert und Alles gut vermischt. Die Gährung beginnt dadurch sehr bald und gleichmäßig. Die Menge der hier angewandten dickbreiigen Hefe beträgt zwischen 1 bis 2 Procent.

Den Eintritt der Gährung erkennt man auf der mit Schaum bedeckten Oberfläche der Würze mit Hülfe des sogenannten Stellrings, eines mehrere Zoll hohen Reifes oder Kranzes, den man auf der Würze schwimmen läßt und der dazu dient, den Schaum, der theils von der übergährenden Hefenwürze, theils durch das Einlaufen der Würze von der Kühle entsteht, von einer Stelle der Oberfläche abzuhalten. Zeigt sich hier, also innerhalb des Kranzes, daß die Würze rahmt, so schreitet man sogleich zur Vertheilung der Würze auf die kleineren Gährtonnen von 100 bis 200 Quart Inhalt, die hier, wie schon früher angegeben, meist auf steinernen Trögen liegen, in welchen die durch die Gährung ausgestoßene Hefe sich ablagert und das mit ausgetriebene Bier sich absondert. Die Fässer werden mit diesem Biere und einem dazu

bestimmten Reste oder **Füllbier** täglich ein- bis zweimal aufgefüllt, damit sich die Hefe rein absondert. Die Dauer der Hauptgährung beträgt, je nach der Anstellungstemperatur, 1 bis 2 Tage, das Bier kommt dann sogleich zum Verkauf und wird dazu, theils auf denselben Fässern von den Wirthen abgeholt oder den Abnehmern zugeführt, theils zuvor auf andere, meist kleine Fässer verfüllt. Der Empfänger läßt das Bier noch 1 bis 2 Tage in dem geöffneten Fasse liegen, in welcher Zeit es sich klärt, worauf es dann meist auf Flaschen verfüllt wird; 2 bis 3 Tage nach dem Zukorken ist das Bier dann moussirend und zum Genuß geeignet.

Ein Theil des Bieres wird aber auch mitunter direct von dem Stellbottiche verkauft und von den Abnehmern auf verschiedene Weise behandelt; nicht selten sogleich auf Flaschen, meist Krüge gefüllt, die dann zunächst, zum Ausstoß der Hefe, offen bleiben, bald aber frisch aufgefüllt und verkorkt werden. Nach 2 bis 3 Tagen ist dann das Bier schon stark moussirend, beim Ausschenken aber nur die ersten Gläser einigermaßen hell, da sich unten ein starker Bodensatz von Hefe befindet, der bald durch die Kohlensäure in die Höhe getrieben wird. Je reiner man das Bier von der Hefe befreit in die Flaschen oder Krüge bringt, um so später wird es einen stärkeren Trieb erhalten, es bleibt dann aber auch länger trinkbar und ist reiner von Geschmack. Vom Fasse ausgeschenkt wird das obergährige Bier bald schaal und dadurch weniger schmackhaft.

Die Oberhefe soll in der Würze, welche mit einem Zusatze von Kartoffelstärke hergestellt wurde, nur eine unvollständige Vergährung bewirken, welches bei der Anwendung von Unterhefe nicht der Fall ist. Auch soll sich ein Unterschied in dem Verlauf der Gährung zeigen, je nachdem man die mit wärmerer Würze vorgestellte Hefe früher oder später zusetzt; geschähe das Zugeben gleich nach dem Eintritt der Gährung in derselben, so zeige sich diese sehr stürmisch, bewirke aber nur eine schwache Vergährung; werde dagegen in dem Ansatze der Eintritt des Hefentriebes abgewartet, wozu immer 8 bis 10 Stunden Zeit gehören, so sei die Vergährung eine weit vollständigere. Eben so soll bei den Malzstärkewürzen ein Zusatz von 5 bis 10 Procent Schrot aus ungemälztem Getreide, eine weit vollständigere Vergährung auch bei der Oberhefe bewirken. Zu gleichem Zwecke empfiehlt **Balling** den Zusatz von abgesiebtem Darrmalz beim Vorstellen der Hefe, und zwar auf je 1 Eimer (circa 50 Quart) der Würze 1 Pfund Malzschrot. Aufrühren der Bodenhefe nach der Hauptgährung, Rollen der Fässer während der Nachgährung zeigen eine gleiche Wirkung und werden bei der Obergährung da oft nöthig, wo das Bier mit wenig Hefe, also spät, zur Nachgährung auf andere Fässer gebracht wurde; hier entsteht dann auch nicht selten das sogenannte **Rasten** des Bieres, ein Stillstand in der Nachgährung, der durch das Aufrühren der Hefe oder Rollen der Klärfässer beseitigt wird.

Nach **Balling** liefern 106 Pfund Würze 100 Pfund untergähriges Bier oder 94,15 Procent, also ein Gewichtsverlust von 5 bis 6 Procent, was mit anderen Erfahrungen übereinstimmt. Bei der Obergährung giebt **Balling** den Verlust um 1 bis 2 Procent höher an.

Die durch Obergährung gewonnenen Biere sind im Allgemeinen weniger haltbar, als die durch Untergährung erhaltenen, theils wegen der höheren Gährungstemperatur, die die Säuerung begünstigt, theils wegen des größeren Gehalts an stickstoffhaltigen Bestandtheilen, die durch die Unterbrechung der Gährung weniger vollständig ausgeschieden wurden, als dies bei der Untergährung der Fall ist. Die Gegenwart des durch die leichtere Säuerung der wärmeren Würze in Auflösung vorhandenen Klebers begünstigt die Zersetzung des Alkohols in Essigsäure bei dem obergährigen Biere in weit höherem Grade, als bei dem untergährigen.

Die Unterbrechung der ersten stürmischen oder Hauptgährung und die wiederholte Trennung von der ausgeschiedenen Hefe erhält die obergährigen Biere substanziöser und süßer, und sie werden deshalb auch im Allgemeinen als nahrhafter angesehen.

Für den Brauer ist die Bereitung eines obergährigen Bieres nicht selten weit vortheilhafter, als die des untergährigen Bieres, weil bei der ersteren ein weit rascherer Umsatz des Capitals stattfindet und auch die Einrichtungskosten weit geringer sind. Keller und Fässer kosten mehr, als die ganze übrige Einrichtung, dabei macht die Beschränkung der Brauzeit die völlige Ausnutzung der erforderlichen Arbeitskräfte nicht möglich, und das Risico ist, wenn Material und Kellerräume nicht ganz geeignet sind, ein weit größeres.

Unsere socialen Verhältnisse machen jedoch die Darstellung eines weniger gehaltvollen, aber erfrischenden Getränks, von dem man, ohne berauscht zu werden, viel consumiren kann, zur Aufgabe des Brauers, und die Lösung dieser Aufgabe wird nur durch die Bereitung des untergährigen Bieres möglich. Dies nöthigt aber den Brauer, danach zu streben, die Brauzeit für das untergährige Bier möglichst zu verlängern, und da letzteres nur durch die Anwendung von Eis zu erreichen steht, so ist die zweckmäßige Aufbewahrung des Eises von der größten Wichtigkeit.

Malzsurrogate. Als Material zur Bereitung von Bier wird unter dem Namen **Bierstein**, **Getreidestein** oder **Zeolithoid** die Gewinnung eines eingedickten Malzextracts empfohlen, um dasselbe mit Vortheil fabrikmäßig in Gegenden zu erzeugen, wo Gerste und Brennmaterial weniger Absatz finden oder billig zu haben sind, und von wo die werthvollere Masse einen weiteren Transport lohnen würde*).

Abgesehen davon, daß der, wenn auch im Vacuum abgedampfte Extract dem Bieren sicher einen ganz fremdartigen Geschmack ertheilt, wird diese Art der Biergewinnung auf solche Verhältnisse beschränkt bleiben, wo der gewöhnliche Brauereibetrieb unausführbar ist, wie auf Schiffen, in heißeren Gegenden ꝛc. Wo es der Transport irgend möglich macht, wird man den Bezug von Ale, Porter und anderen haltbaren Bieren auch hier vorziehen, weil jenem Extracte noch lange nicht die Mittel gegeben sind, auf die Gewinnung eines schmackhaften

*) Die Bereitung des Bieres aus Malzextract wurde bereits vor mehr als 30 Jahren von dem verdienten Commissionsrath **Dorn** in Berlin warm aber ohne Erfolg empfohlen: Dessen praktische Anleitung zum Bierbrauen und Branntweinbrennen. Berlin, bei A. Rücker 1833.

Products rechnen zu dürfen, indem der hierauf einflußreichste und die meiste Zeit in Anspruch nehmende Theil der Fabrikation, die Gährung, immerhin noch nöthig wird.

Zur Bereitung verschiedener Biere macht Otto in seinem Lehrbuche folgende Angaben über die Art und Menge der zu verwendenden Materialien:

Ale, starkes zur Ausfuhr, und leichtes Bier, sogenanntes Tafelbier (Ale for export and Table beer): 100 Barrel Ale = 163 Hektoliter, 80 Barrel Tafelbier = 130 Hektoliter.

Materialien: Blasses Malz, bester Qualität, 176 Ctnr. = 8940 Kilogr.; Hopfen von Kent, beste Qualität, 480 Pfund = 217,5 Kilogr.

Das Schrot durch Ausschütten in Wasser von 50° R. eingeteigt, dann noch etwas Wasser von 52° R. gegeben und hierauf durch Wasser von 72° R. auf die Maischtemperatur gebracht, 20 bis 25 Minuten mit der Maschine gemaischt, dann der Bottich bedeckt 2 Stunden auf der Ruhe, dann die erste Würze gezogen und in den Kessel gebracht.

Nach dem Abfließen der ersten Würze der zweite Guß mit Wasser von 72° R. eine Viertelstunde gemaischt, eine halbe Stunde auf der Ruhe, wieder 10 Minuten gemaischt, dann 1 Stunde auf der Ruhe; die zweite Würze gezogen, in den Kessel zu der ersten, zugleich der Hopfen, 2 Stunden gekocht.

Nach dem Abfließen der zweiten Würze der dritte Guß; 1 Stunde auf der Ruhe; die Würze gezogen; ein vierter Guß durch Besprengen oder Ueberschwenken.

Die dritte und vierte Würze zu Tafelbier in den zweiten Kessel.

Nachdem die Alewürze in dem Kessel gehörig gekocht, ablagern gelassen und auf die Kühle. Der Hopfenrückstand im Kessel in den anderen Kessel zum Tafelbier (gewöhnlich giebt man noch etwas Hopfen geringerer Qualität zu).

Die Alewürze auf 12° R. abgekühlt, mit Concentration von 21 Procent in dem großen Gährbottiche mit Hefe angestellt, die vorher mit etwas lauwarmer Würze vermischt worden. Sie blieb hier vier Tage; die Temperatur erhob sich am vierten Tage auf 19° R.; es wurde deshalb durch kaltes Wasser gekühlt, dann kam sie, auf 9½ Procent vergohren, in die kleineren Gährgefäße, wo sie fünf Tage blieb. Sie war dann auf 6½ Procent vergohren; die Vergährung betrug demnach im Ganzen 14,5 Procent des Saccharometers oder 69 Procent. Das junge Bier in die großen Lagerfässer gebracht.

Die Würze zum Tafelbier, mit 17° R. in dem großen Gährbottich gestellt, kam nach 38 Stunden in die mit Ausguß versehenen Tonnen, blieb hier 48 Stunden und wurde dann auf die gewöhnlichen Barrel gezapft, in denen das Bier nach zwei bis drei Monaten zum Verkauf kommt.

Das Ale zur Ausfuhr wird gewöhnlich erst nach 20 bis 24 Monaten auf die Barrel und auf Flaschen gezogen. Einige Brauer geben dann eine geringe Menge Hopfen mit in die Fässer.

Die Temperatur, bis zu welcher man die Würze abkühlen läßt, 8 bis 15° R.; sie ist um so niedriger, je höher die Temperatur der Luft. Das zum Versandt bestimmte Ale braut man nur in günstiger Jahreszeit.

Wenn die Gährung in den größeren Gährbottichen zu stürmisch werden will, nimmt man von Zeit zu Zeit die Hefendecke ab und kühlt, wie gesagt, durch das Schlangenrohr. Ist im Gegentheil die Gährung nicht lebhaft genug, so rührt man die Hefe unter die Oberfläche und wiederholt dies, wenn nöthig.

Die kleinen Gährgefäße sind, wie schon erwähnt, entweder stehende Bottiche mit Ausguß, oder Tonnen mit gebogenen Auffatzröhren auf dem Spundloche.

In einigen Brauereien läßt man das von den kleinen Gährgefäßen kommende Jungbier, ehe es in die größeren Reservoirs des Magazins kommt, durch eine Kühlvorrichtung fließen, die es auf 8 bis 6° R. abkühlt, was natürlich die Haltbarkeit erhöht.

In manchen Brauereien werden außer Malz und Hopfen noch Zusätze angewandt; so wurden in unserem Gebräu der gährenden Würze in dem großen Gährbottiche am zweiten Tage 2,7 Kilo zerstoßene Paradieskörner, 1,8 Kilo Koriander, 1,8 Kilo Kochsalz zugesetzt.

Gewöhnliches Ale: 260 Barrel = 424 Hectoliter.

Materialien: Blasses Malz 70 Quarter = 204 Hektoliter = 370 preuß. Scheffel; bernsteingelbes Malz 10 Quarter = 29 Hektoliter = 53 preuß. Scheffel; amerikanischer Hopfen 524 Pfund = 238 Kilo. Temperatur der Luft 5 bis 6° R.

Der erste Guß mit 140 Barrel Wasser von 62° R., davon 110 Barrel zum Einweichen, 30 Barrel zum Maischen.

Nach 1 Stunde die erste Würze gezogen; 82 Barrel von 25 (?) Procent in den Kessel.

Nach Abfluß der ersten Würze der zweite Guß mit 92 Barrel Wasser von 68° R.; 1 Stunde auf der Ruhe, dann eine Viertelstunde gemaischt, dann wieder eine halbe Stünde auf der Ruhe. Die zweite Würze gezogen; 85 Barrel von 17,5 Procent zu der ersten in den Kessel, zwei Stunden gekocht.

Der dritte Güß 84 Barrel Wasser, fast siedend durch Besprengen. Dritte und vierte Würze in den zweiten Kessel.

Nachdem die erste Würze hinreichend und stark gekocht, 2¼ Stunde in den Hopfenbottich und von da nach einstündiger Ruhe auf die Kühle. Der Hopfenrückstand im Kessel und Hopfenbottiche in den zweiten Kessel zu der zweiten Würze. Diese damit 4 Stunden gekocht, dann auf die Kühle.

Nach hinreichender Abkühlung beide Würzen gemengt, die erste, 110 Barrel, zeigte 20 Procent, die zweite, 150 Barrel, zeigte 7½ Procent, das Gemenge 13,5 Procent. Angestellt bei 12,5° R.; am dritten Tage die Würze in die kleinen Bottiche.

Porter, starker Brown stout und Tafelbier: 55 Barrel Brown stout = 90 Hektoliter; 43 Barrel Tafelbier = 70 Hektoliter.

Materialien: Braunes Malz 24 Quarter; bernsteingelbes Malz 8 Quarter; blasses Malz 8 Quarter (40 Quarter = 106 Hektoliter); amerikanischer Hopfen 2 Ctnr. = 101,6 Kilo.

Der erste Guß mit 49 Barrel (80 Hektoliter) Wasser von 61⁰ R. zweimal anhaltend gemaischt, $1\frac{1}{2}$ Stunde auf der Ruhe. Die erste Würze von 30 Procent in den Kessel. Der zweite Guß mit Wasser von 70⁰ R. 1 Stunde gemaischt, 1 Stunde auf der Ruhe. Die zweite Würze gezogen, zu der ersten in den Kessel, nach zweistündigem lebhaftem Kochen der Hopfen dazu, $\frac{3}{4}$ Stunde mäßig gekocht, dann auf die Kühle.

Die gekühlte Würze, 19,6 Procent zeigend, in dem großen Bottiche gestellt; nach 36 Stunden in die kleinen Bottiche, wo die Gährung 3 Tage dauerte. Das Jungbier zeigte 6 Procent. Das Tafelbier wurde aus zwei Nachgüssen aus dem Hopfenrückstande der ersten Würze gewonnen.

Gewöhnlicher Porter wird auf ähnliche Weise gebraut, nur nimmt man zu den ersten Güssen eine größere Menge Wasser und beschleunigt die Gährung, indem man etwas wärmer stellt. Die Concentration der Würze ist 12 bis 14 Procent (La Cambre).

Baierisches Lagerbier: 76 baierische Eimer = 52 Hektoliter.

Materialien: 12 Scheffel Malz = 3000 Pfund = 1500 Kilo; 55 Pfund Hopfen = 30 Kilo.

In den Maischbottich 89,5 Eimer = 61,5 Hektoliter kaltes Wasser zum Einteigen. In die Pfanne 82,5 Eimer = 56,5 Hektoliter. Die eingeteigte Masse im Maischbottich betrug 108,3 Eimer = 74 Hektoliter.

Nachdem das Wasser in der Pfanne siedend geworden, war es auf 78,5 Eimer (circa 54 Hektoliter) reducirt, damit der erste Guß; 15 Minuten gemaischt, Temperatur der Maische 30⁰ R.

80 Eimer oder circa 55 Hektoliter Maische aus dem Maischbottiche in die Pfanne, eine halbe Stunde gekocht (erster Dickmaisch).

Der gekochte Dickmaisch in den Bottich zurück, so daß die Temperatur auf 56⁰ C. kam; dann sogleich wieder 54 Hektoliter in die Pfanne; 20 Minuten gekocht.

Der zweite Dickmaisch in dem Bottich eine Viertelstunde gemaischt, Temperatur 65⁰ C., Lautermaisch übergeschöpft, in die Pfanne 92 Eimer (circa 60 Hektoliter), 20 Minuten gekocht.

Der gekochte Lautermaisch in den Bottich zurück, eine halbe Stunde tüchtig gemaischt, Temperatur circa 80⁰ C. Eine Stunde auf der Ruhe; klare Würze gezogen.

Erhalten 118,7 Eimer = 81,6 Hektoliter Würze von 9,37 Procent in die Pfanne mit dem Hopfen, 2 Stunden gekocht, wodurch das Volum auf 107 Eimer circa 73 Hectoliter kam, die Concentration 11,1 Procent.

Auf die Kühle; nach dem Abkühlen 81,5 Eimer (circa 56 Hektoliter) Würze von 12,1 Procent angestellt, die Bottichgährung dauerte 10 Tage. Auf die Fässer 76 Eimer = 52 Hektoliter, also vom Scheffel oder 250 Pfund Malz 6,3 Eimer oder 4,315 Hektoliter Bier ins Faß.

Das Bier enthielt unmittelbar nach der Gährung 6,5 Procent in 3,2 Procent Alkohol.

Die folgende Tabelle zeigt den Gang des Brauprocesses sehr übersichtlich.

Operationen.	Die Operation angefangen.		Die Operation beendet.		Anzahl der Eimer und Maße im Maischbottich.		Anzahl der Eimer und Maße in der Pfanne.		Summa in Eimer.
	U.	M.	U.	M.	E.	M.	E.	M.	E.
Einteigen	2	0	—	—	108	20	78	20	186,6
Erster Guß, Maischen	6	—	6	15	186	40	—	—	—
Ueberschöpfen in die Pfanne	6	15	6	45	99	—	80	—	179
Kochen, erster Dickmaisch	7	25	8	—	—	—	—	—	—
Maischen	8	—	8	5	—	—	—	—	—
Ueberschöpfen	8	5	8	20	94	—	78	—	172
Kochen, zweiter Dickmaisch	8	40	9	10	—	—	—	—	—
Maischen	9	10	9	20	—	—	—	—	—
Lautermaisch in die Pfanne	9	20	9	25	77	—	92	—	169
Kochen, Lautermaisch	9	50	10	10	—	—	—	—	—
Maischen	10	10	10	38	162	—	—	—	162
Würze gezogen	11	47	1	20	—	—	118	45	—
Kochen der Würze	1	55	4	10	—	—	—	—	—
Gekochte Würze	—	—	—	—	—	—	107	—	—

Wir ergänzen die vorstehenden Angaben noch durch die zur Bereitung des bekannten Berliner Weißbiers nach Dorn:

Berliner Weißbier 1200 Quart.

Material: Blasses Weizenmalz 9 Scheffel = 620 Pfund; blasses Gerstenmalz 3 Scheffel = 180 Pfund (800 Pfund); guter Hopfen 6 Pfund.

Das Schrot mit 450 Quart Wasser von 40⁰ C. gut gemaischt. Nach halbstündiger Ruhe mit 700 Quart siedendem Wasser nach und nach gemaischt. Temperatur circa 50⁰ C. Nach kurzer Ruhe 100 Quart der dünnen Maische abgeschöpft in den Kessel, mit 6 Pfund Hopfen eine Viertelstunde gekocht, dann noch 3- bis 400 Quart der dünnen Maische zugegeben und nur bis zum Sieden damit erhitzt.

Die erhitzte Maische kommt in den Maischbottich zurück und bewirkt hier eine Temperatur von 60 bis 65⁰ C.

Nach dem Absitzen kommen 2- bis 300 Quart der dünnen Maische in die Pfanne zurück, die dickere aber in den Abseihbottich, wo sie nach dem Vermischen mit der erhitzten Lautermaische 70⁰ C. zeigen soll.

Nach $1\frac{1}{2}$stündiger Ruhe mit Vorsicht die helle Würze gezogen und sofort auf die Kühle gebracht. Die Treber

mit 500 Quart Wasser zu 75° C. ausgesüßt, nachdem die Treber zuvor aufgelockert wurden.

Nach einstündiger Ruhe die zweite Würze gezogen und auf eine besondere Kühle gebracht.

Auf die rückständigen Treber kommt noch ein Aufguß von kaltem Wasser zum Covent, der direct an die ärmere Classe verkauft und von dieser selbst mit Hefe in Gährung gebracht wird.

Von der auf 25° C. gekühlten ersten Würze werden 30 Quart mit 1 Quart Weißbierhefe vorgestellt und diese der übrigen auf 20° C. gekühlten ersten Würze im Stellbottich zugegeben.

Nach 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunde wird die zweite Würze, die inzwischen auf 17 bis 18° C. gekühlt, mit der ersteren bereits in Gährung befindlichen vermischt.

Eine Stunde später wird sich die ganze Würze in Gährung befinden, welches man mit Hülfe des Gährkranzes erkennt. Was davon nicht gleich von den Abnehmern geholt wird, kommt auf Tonnen von 100 Quart Gehalt.

Die erste aus der Spundöffnung hervorquillende schaumige Masse (der Hopfentrieb) wird hier Pechhefe genannt (sie wurde früher von den Schustern verwendet); auf diese folgt die zähere eigentliche Hefe, wovon das Bier zum Auffüllen oder Vollhalten der Fässer dient.

Nach 24 bis 30 Stunden ist die Hauptgährung beendigt und das Bier wird nun auf Flaschen verfüllt, nicht selten aber zuvor mit Hausenblase geklärt.

Die Hausenblase wird hierzu am besten in verdünnter Weinsäure gelöst und die Lösung nach und nach mit mehr von dem Biere vermischt.

Nicht selten wird bei der Bereitung dieses Bieres ein Zusatz von Stärkezucker oder Syrup angewandt und dadurch seine Haltbarkeit bedeutend vermehrt. Man verstärkt dabei den angenehmen säuerlichen Geschmack des Bieres, den es namentlich durch den Weizen erhält, auch wohl durch einen Zusatz von etwas Weinsäure, 3 bis 4 Loth auf 100 Quart des zu bereitenden Bieres.

Anlage einer Bierbrauerei. Die Größe der erforderlichen Anlage und des Betriebscapitals richtet sich bei der Ausdehnung des Betriebs zunächst nach der Schnelligkeit des Umsatzes, indem in einer Brauerei, deren Betrieb Winter und Sommer fortgesetzt wird und welche nur obergähriges Bier erzeugt, wobei das Material innerhalb weniger Wochen sich wieder zu Gelde macht, der Umsatz sich jährlich mehrere Mal wiederholt, während die Erzeugung eines untergährigen Bieres einen solchen Umsatz fast nur einmal des Jahres möglich macht.

Bei einer Brauerei, worin nur untergähriges Bier erzeugt werden soll, also eine größere Menge Lagerbier aufzubewahren ist, wozu theure Lagerkeller erforderlich werden, wird sich das Anlagecapital pro Centner des zu verarbeitenden Malzes auf circa 20 Gulden belaufen und ein Betriebscapital von 4 bis 5 Gulden pro Centner nöthig machen. Bei der Bereitung nur obergähriger Biere dürfte dieser Betrag kaum ein Drittel erreichen, da die zur Aufbewahrung des Lagerbieres nöthigen Fässer und Keller den größten Theil des erforderlichen Anlagecapitals in Anspruch nehmen.

Die Größe des Betriebs richtet sich nach dem zu erwartenden Absatze, wobei die Concurrenz, die Güte des bisher erzeugten Products oder die Anforderung der Consumenten zu berücksichtigen ist. So leicht es wird, in einer Gegend einen hinreichenden Absatz zu finden, wo bisher ein Bier derselben Art, aber von minder guter Beschaffenheit zu haben war, so schwer hält es, dort Absatz zu erhalten, wo die Consumenten bereits größere Anforderungen an die Güte des Products machen. Bei dem Biere ist es nicht wohl möglich, durch geringeren Preis einen größeren Absatz zu erlangen, da dieser nur durch die Güte des Products und durch den Bedarf bedingt wird. Auch die Art des Absatzes ist in Erwägung zu ziehen; Brauer, die auf einen erheblichen Detailverkauf rechnen können, erlangen dadurch in der Regel die höchste Verwerthung ihres Bieres. Bei dem Absatze an Wirthe ist die übliche Borgfrist und das zu gewährende Uebermaß zu beachten. In Baiern und Würtemberg bezahlen die Wirthe in der Regel bei Empfang einer neuen Zufuhr die zuvor erhaltene; beim Winterbier wird denselben in Baiern 4 Maß pro Eimer (40 Maß) vergütet, wenn sie das Bier nicht ganz lauter (gleich nach dem Kräuseln) übernehmen.

Ferner ist die Gelegenheit zum Ankauf einer geeigneten Gerste oder die Bodenbeschaffenheit der Gegend, die Communication, sowie der Preis des Brennmaterials nicht zu übersehen. Sehr wichtig bleibt endlich die Verwerthung der Brauerei-Abfälle, der Treber, des etwa zu gewinnenden Halbbieres und der Hefe. Erstere werden in der Nähe der Städte am besten bezahlt. Ihr Futterwerth wird in der Hohenheimer Wirthschaft zu 133 Pfund Treber = 100 Pfund Wiesenheu angenommen, wonach ihr pecuniärer Werth für verschiedene Verhältnisse sich berechnen läßt.

Ein größerer Absatz von Halbbier gewährt den Vortheil, die bessere Sorte Bier von vorzüglicher Güte herstellen zu können, weil man zu diesem in einem solchen Falle dann weniger von der beim Aussüßen der Treber erhaltenen Nachwürze zu verwenden hat. Bamberg, wo ein solches Nachbier, der sogenannte Hansl, in größerer Menge abzusetzen ist, verdankt das Renommee seines Bieres sicher dem hier erwähnten Vortheile. Auch die Hefe findet nach Umständen eine höhere oder geringere Verwerthung.

Nach Erwägung dieser Verhältnisse hat man die passendste Lage der Brauerei zu suchen. Zunächst soll diese ein geeignetes Wasser in reichlicher Menge darbieten. Was die Qualität desselben betrifft, so ist darüber bereits das Nöthige erwähnt. Die Quantität ist nicht minder wichtig, wenn das Geschäft in jeder Beziehung rationell betrieben werden soll. Wo täglich 40 bis 50 Ctnr. Malz verarbeitet werden, da bedarf ein solcher Betrieb täglich gegen 200 W. Eimer (500 Tonnen) Wasser, was die Wichtigkeit erkennen läßt, über ein so bedeutendes Quantum, da wo man es braucht, ohne große Kosten verfügen zu können. Nächst dem Wasserbedarf ist das Terrain in Beziehung der Kelleranlage zu untersuchen und hier wünschenswerth, diese möglichst trocken zu erhalten, was in der Nähe eines Hügels oder an einem

Abhange am häufigsten zu finden ist. Können die Keller, wenn auch nur theilweise, unmittelbar unter der Brauerei angelegt werden, so gestattet dies manche zweckmäßige Einrichtungen.

Auf die Anlage geeigneter Keller hat man namentlich bei der Bereitung von Lagerbier Rücksicht zu nehmen, worüber später noch das Nähere anzugeben ist.

Die Lage der Braugebäude soll wo möglich hoch oder dem Luftzuge ausgesetzt sein und eine solche Richtung haben, daß seine Längenseiten gegen Osten und Westen gerichtet sind, wodurch namentlich die Kühle und auch die Kelleröffnungen mehr den herrschenden Winden ausgesetzt werden.

Ist es bei einer größeren Anlage möglich, die Hauptgebäude so aufzuführen, daß sie einen Hofraum einschließen, so läßt sich dadurch die wünschenswerthe Trennung gewisser Räume, wie die des Siedlocals von den Kühlen, und doch eine passende Verbindung des Ganzen erreichen. Namentlich zweckmäßig dürfte die Lage der Gebäude sein, wenn z. B. das Wohnhaus, womit vielleicht eine größere Gastwirthschaft verbunden, mit seiner Fronte gegen Süden, das Siedhaus in der Richtung nach Norden, mit der Fronte gegen Westen, das Kühlgebäude mit dem Gähr- und Winterbierkeller sich in gleicher Richtung, aber nach Osten an das Wohngebäude anschließen würden. Durch diese Stellung der Gebäude wäre dem vorherrschenden Luftzuge der Zutritt zu dem Kühlhause gestattet und dieses von dem Siedhause doch nicht so getrennt, daß die nöthige Verbindung erschwert würde. Die Bodenräume der getrennten Gebäude, die den Hofraum einschließen, lassen sich in einem solchen Falle durch eine Brücke zweckmäßig verbinden, durch welchen Bau auch ein Theil des Hofraums bedeckt wird. Endlich gewährt diese Stellung der Gebäude eine bequeme Verbindung des Winterbierkellers mit dem Gährlocale und den Kellerräumen des Wohngebäudes, namentlich wenn in diesen ein Ausschank des Bieres stattfindet.

Ueber die innere Einrichtung der Gebäude, mit Angabe der nöthigen Räumlichkeit für eine bestimmte Größe des Betriebes, soll hier das Wesentlichste angeführt werden, wobei die Fabrikation eines baierischen oder untergährigen Bieres angenommen wird. Die Größe des Betriebes soll hier auf die tägliche Verarbeitung von 40 Ctnr. Malz = 66 preußischen = 16 baierischen = 20 würtemberger Scheffel trocknes Malz festgesetzt werden.

Die Betriebszeit für untergähriges Bier erstreckt sich vom October bis Mai oder innerhalb 7 Monate, auf etwa 200 Tage des Jahres, so daß in dieser Zeit circa 8000 Ctnr. Malz zu verarbeiten wären. Außerdem kann aber das Geschäft der Malzbereitung noch 3 Monate, im Mai, Juni und September, betrieben werden, so daß in dieser Zeit noch 2- bis 300 Ctnr. Malz zu gewinnen sind (die beim Beginn des Betriebes im Monat October vorräthig sein würden).

Ein solcher Malzvorrath ist erwünscht, indem der baierische Bierbrauer seinen Betrieb bei ungünstiger Witterung möglichst beschränken, bei günstiger aber möglichst ausdehnen muß, und hierbei durch den Mangel an Malzvorrath nicht gehindert werden darf.

Eine größere Ausdehnung des Betriebes wird durch das sogenannte Uebersieden möglich, das heißt, daß täglich oder binnen 24 Stunden mit einer Pfanne zwei Gebräue gemacht werden. Selten läßt sich jedoch das Geschäft so beeilen, daß man auf mehr als zehn Gebräue in einer Woche rechnen dürfte. Immerhin würde die hier angenommene Einrichtung es möglich machen, in einer Siedzeit gegen 10000 Ctnr. Malz zu verarbeiten.

Ein solcher Betrieb gehört zu den ausgedehnteren, in den meisten Fällen wird er nur die Hälfte jener Ausdehnung erreichen.

In Fig. 185 und 186 sind, um den Ueberblick der zweckmäßigen Verbindung der verschiedenen Räume zu erleichtern, die Grundflächen derselben neben einander liegend angegeben.

Fig. 185.

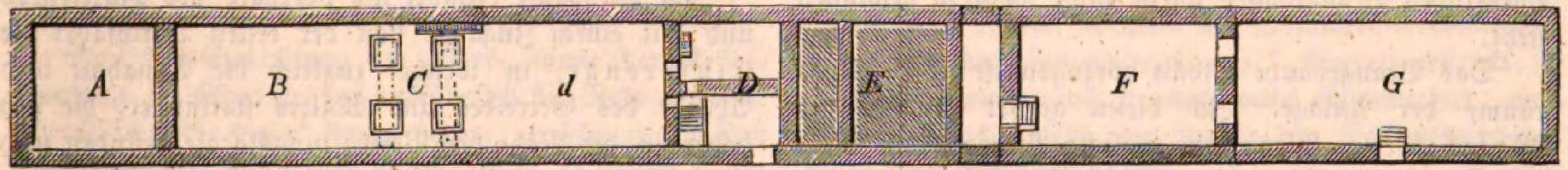


Fig. 186.

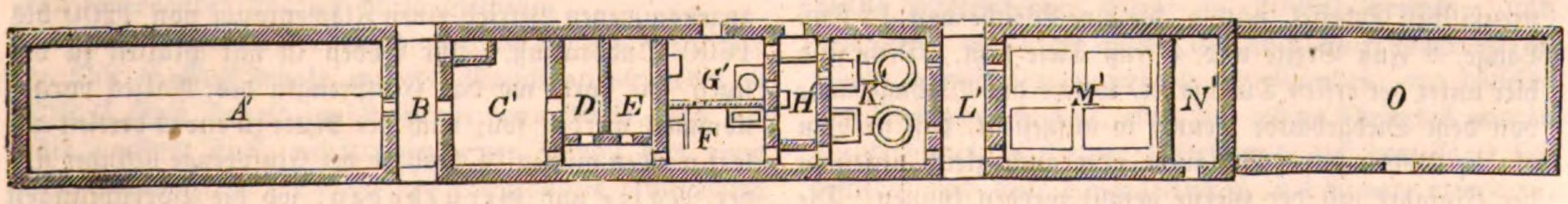


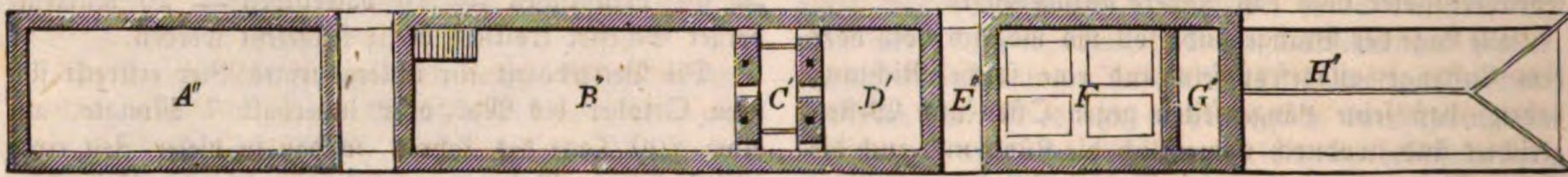
Fig. 185 enthält das untere Erdgeschoß mit dem Hauskeller A, dem Malzkeller B mit dem Raume C, wo die Weichen stehen, unterhalb der ersten Durchfahrt; dem Branntwein- und Gährkeller D für die Brennerei; dem Raume E unterhalb des Heizlocals und dem eigentlichen Siedhause; dem Gährkeller F und dem Winterbierkeller G.

In Fig. 186 bezeichnet A' den unteren Theil der Wohnung (Wirthschaft), welche sich hier oberhalb des Hauskellers und eines Theiles des Malzkellers befindet; B die erste Durchfahrt, von welcher aus ein Eingang zu den Wohnungen und der Treppenraum auf die Böden und in den Malzkeller zu den Weichen führt; C' die Einsprenge; D die Wohnung des Braumeisters; E den Schlafsaal für die Brauknechte; F das Spülhaus, wo die kleine Nachbierpfanne steht, G' die Brennerei; H' den Heizraum für sämmtliche Feuerungen, über welchem sich hier zunächst die Wärmekammer für die Malzdarre,

ferner die Vorwärmpfanne und auch wohl eins der Wasserreservoirs befinden; K' das Siedlocal; L' die zweite Durchfahrt; M' den Kühlraum; N' die Küferei und O den Raum oberhalb des Winterbierkellers, der, wenn dieser sich nicht wieder an das Wohngebäude anschließt, als Faßmagazin zu benutzen ist.

Fig. 187 enthält A'' Wohnungen; B'' Gerste- oder Malzböden; C' die Malzdarre; D' das Siedlocal, da

Fig. 187.



sich dieses durch zwei Etagen erstreckt; E'' Durchfahrt, die gleiche Höhe mit dem Siedraume hat; F die Kühlen; G'' Wohnung des Küfers; H'' den Dachboden des angenommenen Magazins.

Die Räume unter Dach sind als Schwelke und zur Aufbewahrung des vorräthigen Malzes oder der Gerste zu benutzen und hier nicht weiter angegeben.

In dem entworfenen Plane werden die drei Hauptgebäude der ganzen Anlage durch die beiden Durchfahrten von einander getrennt, was auch auf die schon angegebene Weise geschehen könnte.

Bei der hier angenommenen Größe des Betriebs giebt man den Gebäuden am vortheilhaftesten eine Tiefe von 40 bis 45 Fuß, indem diese Dimension namentlich für die Keller die passendsten Räume liefert.

Außer den hier erwähnten Hauptgebäuden werden noch einige Nebengebäude nöthig, die zur Aufbewahrung des Brennmaterials, zu Stallungen und dergleichen den erforderlichen Raum enthalten.

Die nähere Einrichtung des Wohngebäudes wird durch die obwaltenden Verhältnisse bedingt, es läßt sich darüber hier nichts weiter bemerken. Findet darin ein Ausschank des Bieres Statt, so ist es mit den erforderlichen Kellerräumen, namentlich mit dem sogenannten Lauterkeller zu versehen; immerhin wird es noch einen Theil des Malzkellers enthalten können, da zu diesem ein verhältnißmäßig großer Flächenraum nöthig wird, der unter dem eigentlichen Braugebäude allein nicht wohl zu gewinnen steht.

Das Braugebäude enthält vorzugsweise die Betriebsräume der Anlage. Zu diesen gehört zunächst der Malzkeller. Wenn der tägliche Aufwand an Malz 40 Ctnr. oder 20 würtemberger Scheffel beträgt, so sind dazu vier Weichen, jede zu 36 würtemberger = 120 preußischen Scheffel, nöthig, die eine Weiche von 12 Fuß Länge, 8 Fuß Breite und 4 Fuß Tiefe faßt. Diese sind hier unter der ersten Durchfahrt, welche das Wohngebäude von dem Siedgebäude trennt, so aufgestellt, daß sie vom oberen Boden durch Schläuche oder auch gleich unten in der Einfahrt mit der Gerste gefüllt werden können. Die Weichen stehen im Keller so hoch, daß die gequollene Gerste durch eine Oeffnung im Boden herauszubringen ist, und mittelst Körben, die, wie aus Fig. 188 ersichtlich, auf Rollen ruhen, auf die Keimtenne geführt werden kann. Daß hier ein hinreichender Zu- und Abfluß von Wasser nöthig wird, ist schon früher angegeben worden.

Die Wachstenne soll zu obiger Quantität einen Flächenraum von circa 7000 Quadratfuß enthalten, was bei der angenommenen Breite oder Tiefe des Gebäudes eine Länge von 180 Fuß erforderte, wobei der Raum für die Weichen mit einbegriffen ist.

Die eine Hälfte dieses Raumes liegt unter dem Wohngebäude, die andere unter dem Siedhause. Jede Abtheilung ist mit einem Aufzuge für das gekeimte Getreide versehen.

Fig. 188.



Die Höhe des Malzkellers beträgt 10 Fuß bis zum Scheitel des Gewölbes und ist nur etwa 6 Fuß in den Boden vertieft, damit er durch Fensteröffnungen, wenn es nöthig ist, luftig erhalten werden kann. Die Pflasterung soll mit den bekannten Solenhofer Schieferplatten oder einem dichten Sandsteine geschehen, womit auch die Seitenwände etwa 1 Fuß zu bekleiden sind. Die weiteren Anforderungen an eine zweckmäßige Einrichtung des Malzkellers sind bereits erwähnt.

Im Siedhause befindet sich oberhalb des Malzkellers und mit einem Zugange von der ersten Durchfahrt die Einsprenge, in welcher zugleich die Annahme und Abgabe des Getreides und Malzes stattfindet, die sich daher in der Nähe der Verwaltungslocale befinden und deren Einrichtung das Herbei- und Fortschaffen dieser Materialien erleichtern soll. Sie erfordert für den hier angenommenen Betrieb einen Flächenraum von 1200 bis 1600 Quadratfuß. Ihr Boden ist mit Platten zu belegen, die dort, wo das Einsprengen des Malzes vorgenommen werden soll, nach der Mitte zu etwas vertieft gelegt werden müssen. Oberhalb der Einsprenge befindet sich der Malz- und Gersteboden, wo die Vorrichtungen zum Reinigen, Messen und Wägen der genannten Materialien nicht fehlen dürfen. Von hier fällt das gereinigte und zur Verarbeitung bestimmte Malz in die Einsprenge und die zu mälzende Gerste in die Weichen. Der nöthige Raum für die Aufbewahrung des fertigen Malzes und der Gerste dürfte immer gegen 4000 Quadratfuß betragen, wovon ein Theil gleich in der Nähe des hier bezeichneten Raumes, oberhalb des Wohngebäudes zu gewinnen steht.

Neben der Einsprenge ist die Wohnung für den Braumeister oder Geschäftsführer, wodurch diesem die Uebersicht über die Räume erleichtert wird, die seine Gegenwart am häufigsten nöthig machen; dieser Wohnung zunächst befindet sich auch der Schlafsaal für das Arbeitspersonal, was in den anstoßenden Räumen vorzugsweise beschäftigt ist. Zur Erleichterung der Communication führt von hier eine zweite Treppe auf die Böden und zu der Darre, sowie eine kleine Treppe zu dem Malzkeller und dem nahe gelegenen Gährkeller für die Brennerei. Ferner befindet sich hier auch der Raum F', wo die Reinigung der Fässer vorgenommen wird und zugleich die kleine Nachbierpfanne aufgestellt ist, die nebenbei zum Erhitzen des Ueberschwenkwassers und des zur Reinigung der Fässer nöthigen Wassers benutzt wird. Ein Flächenraum von 8000 Quadratfuß wird hier genügen, da die Reinigung der größeren Fässer außerhalb des Gebäudes vorzunehmen ist.

Anstoßend ist ein gleich großer Flächenraum für die Aufstellung des Brennapparats angenommen, um sämmtliche Feuerungen mit einander zu verbinden. Der Gährraum für die Brennerei soll sich unterhalb derselben befinden und den hier zur Verarbeitung gebrachten Abfällen mehr Beachtung geschenkt werden, wie dies in der Regel der Fall ist, was meistens sehr belohnend sein wird.

Der Branntweinkeller ist hier unterhalb des Schwelklocals angegeben, da er mit einem besonderen Ausgange von außen versehen sein soll. Der gewonnene Branntwein ist vom Apparate sogleich in den Keller zu leiten. Das Gewölbe des Branntweinkellers muß oberhalb mit einer wasserdichten Lage von Cement versehen werden, um es gegen das viele Wasser zu schützen, was oberhalb verschüttet wird.

Von dem Heizraume H' aus werden, wie bereits erwähnt, sämmtliche Feuerungen besorgt. Der Raum liegt ziemlich vertieft, damit die Aschenfälle der Heizungen möglichst hoch zu machen sind. Oberhalb dieses Raumes, der durch stärkere Wände abgeschlossen, die zugleich die Kamine der verschiedenen Feuerungen enthalten, befinden sich die beiden Darrflächen mit ihrer Wärmekammer oder Luftheizung.

Von der Einrichtung der Darr-, sowie der Kesselfeuerung ist schon früher ausführlich die Rede gewesen. Die Fläche, die dieser Raum bedarf, ist hier zu 18 Fuß Breite und 30 Fuß Länge angenommen, so daß zu beiden Seiten in der Breite des Gebäudes noch Durchgänge zu den anstoßenden Localen übrig bleiben.

Das Siedlocal, worin die beiden Kochpfannen, jede zu 250 C.-Fuß Inhalt, und die Maischbottiche, jeder zu 350 C.-Fuß Inhalt, nebst Grant, von 30 C.-Fuß Inhalt, gestellt sind, erhält hier einen Raum von etwa 250 Quadratfuß, die Höhe des Siedraumes reicht durch zwei Etagen, um den Pfannendeckeln und Dampfabzügen hinreichenden Raum zu gestatten.

Die Durchfahrt trennt hier das Siedlocal von dem Raume, wo die Kühlen in zwei Lagen über einander aufgestellt sind. Für diese ist hier ein Raum von 60 Fuß Länge und 45 Fuß Breite berechnet. Für jede Pfanne werden zwei Kühlen, jede zu 450 Quadratfuß Fläche nöthig sein. Zum Nachbier werden dann noch zwei kleine Kühlen, jede zu etwa 100 Quadratfuß hinreichen, der übrige Raum dient zur Aufstellung des Hopfenseihers mit der Hopfenpresse, für ein Reservoir zu Wasser, an dem hier kein Mangel sein darf, und für einen Behälter zur Aufnahme des Kühlgelägers, von welchem aus dasselbe zum Filtriren in den Gährkeller gelangt. Unterhalb der Kühlen liegt der Gährkeller, der hier nur wie der Malzkeller 6 bis 8 Fuß tief in dem Boden vertieft liegen soll und bei der angenommenen Breite des Gebäudes eine Länge von 80 Fuß erhält. Da täglich gegen 40 würtemberger Eimer (100 preuß. Tonnen) Würze gewonnen werden, so erfordert jeder Sud mit beiden Pfannen zwei größere oder vier kleinere Gährgefäße. Es wird nöthig, von beiden zu besitzen, da bei strenger Kälte die größeren und bei wärmerer Witterung die kleineren Gährgefäße zweckmäßig anzuwenden sind. Die Dauer der Gährung ist zwar durchschnittlich zu 8 bis 10 Tagen anzunehmen, dennoch dürfte es rathsam sein, hinreichende Gährgefäße auf 12 Tage disponibel zu haben, so daß für den angenommenen Betrieb 24 Bottiche, à 10 würtemberger Eimer oder 25 Tonnen, und 12 Bottiche, à 20 würtemberger Eimer oder 50 Tonnen, vorhanden sein sollen, die im Gährkeller einen Raum von 3200 Quadratfuß Fläche erfordern. Da sich die Gährung des Winter- oder Schenkbieres wohl so leiten läßt, daß sie binnen 6 Tagen beendigt ist, so wird die hier angegebene Zahl von Gährfristen auch zureichen, wenn günstige Witterung ein Uebersieden oder stärkeren Betrieb erlauben sollte.

Wird eine größere Menge Nachbier gewonnen, so muß dies hier berücksichtigt werden. Ganz zweckmäßig ist es, in einem solchen Falle für das Bier einen besonderen Gährraum zu haben.

Der Winterbierkeller G ist hier in gleicher Höhe mit dem Gährkeller und der Raum über demselben als Magazin zur Aufbewahrung der Fässer ꝛc. angenommen. Nicht selten findet man aber auch diesen Kellerraum unterhalb des Gährkellers, wenn diese Räume nicht zur Lagerung des Sommerbieres benutzt werden können.

Die Größe des nöthigen Winterbierkellers richtet sich nach dem Absatze dieses Bieres. Obgleich man im Durchschnitt eben so viel Winter- als Sommerbier consumirt, indem sich die Winterbierzeit auf 7 Monate erstreckt, so bedürfen viele Brauer dennoch mehr Sommerbier, weil es viele Wirthe giebt, die nur in den Sommermonaten einen Bierausschank haben.

Angenommen, das Erzeugniß einer Siedzeit betrage 8000 würtemberger Eimer = 20000 Tonnen, und von diesen werde die Hälfte als Winterbier abgesetzt, so würde von diesem innerhalb drei Wochen, wo dasselbe zum Ausschank kommt, etwa der zehnte Theil des ganzen Winterbieres, also etwa 400 Eimer, auf dem Lager sich befinden und diese etwa 100 Faß, à 4 Eimer, erfordern. Für 100 Faß ist eine Kellerlänge von 120 Fuß nöthig, wenn, wie hier, 4 Reihen dieser Fässer in der Breite des Kellers gelagert werden können. Ein Aufeinanderlegen ist bei den Winterbierfässern nicht thunlich, weshalb auch die Höhe dieses Kellers nicht über 10 bis 11 Fuß zu betragen braucht. Wo das Winterbier, wie in Altbaiern, gekräuselt wird und von dem Brauer zum Theil lauter (nach der Klärung) abgegeben wird, ist in der Nähe des Winterbierkellers ein Local für jenes Bier nöthig. Es

eignet sich hierzu ein Raum im Souterrain oder auch ein heizbares Local oberhalb der Erde, dessen Temperatur auf diese Weise regulirt werden kann. Die Größe des Lauterbierkellers richtet sich nach der Menge des abzugebenden Bieres. Ein Raum von 1600 Quadratfuß dürfte wohl in den angegebenen Fällen genügen.

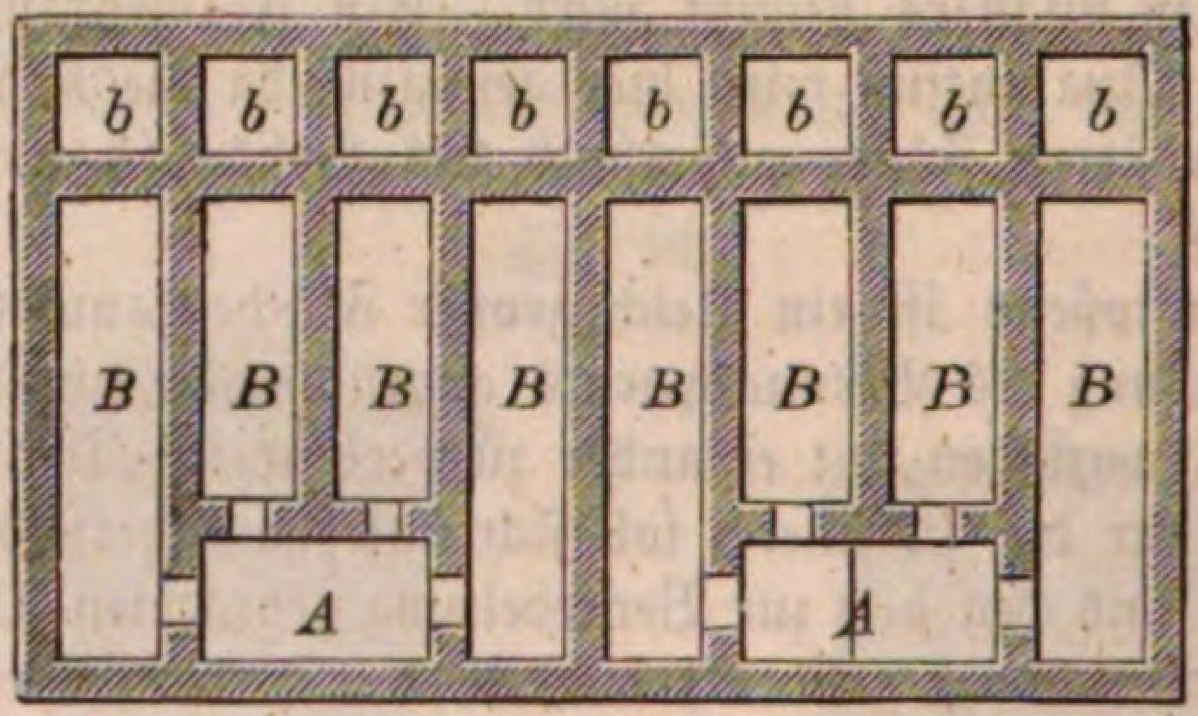
Je nachdem es die Verhältnisse erfordern, muß bei einer zweckmäßigen Einrichtung für die Aufbewahrung des Halbbieres noch ein weiterer Keller vorhanden sein.

Zur Conservirung des Lagerbieres ist ein geeigneter Keller als wesentlichste Bedingung anzuführen, seine Anlage erfordert die größte Beachtung.

Ist es möglich, ihn ganz in der Nähe der Brauerei oder unter derselben anzulegen, so gewährt dies die größte Bequemlichkeit.

Der Keller muß möglichst trocken sein und seine Temperatur selbst im heißen Sommer 4 bis 5° nicht übersteigen. Solche kalte Keller findet man in der Regel nur da, wo sie in Felsen gehauen; jedoch wird die Temperatur des Kellers nicht immer durch die Tiefe desselben allein bedingt, sondern mehr durch die Eigenschaft des Gesteins, die Verdunstung der Feuchtigkeit zu befördern, weil durch Verdunstung eine größere Menge Wärme absorbirt wird. Aus diesem Grunde zeigen auch Keller südlicher Lage nicht selten eine niedrigere Temperatur als nördlicher gelegene, wenn das die ersteren bedeckende Gestein durch die Sonnenwärme eine schnelle Verdunstung der Feuchtigkeit verursacht. Ist das Gestein fest, so läßt sich mitunter die Anlage ohne künstliche Wölbung oder Ausmauerung bewerkstelligen. In losem Gestein oder Boden werden die erforderlichen Räume in der Regel von oben ganz ausgegraben und ausgemauert. Wo ein solches Ausgraben nicht ausgeführt werden kann, muß der Keller stückweise ausgegraben und sogleich gemauert werden, was in den meisten Fällen einen größeren Kostenaufwand verursachen wird. Im nördlichen Baiern findet man die besten Keller in Sandstein ohne künstliche Wölbung. Die ausgehauenen Räume erhalten dort in der Regel eine Breite von 10 bis 12 Fuß oder eine Höhe von 7 Fuß, so daß darin nur kleine Fässer zu lagern sind. Man zahlt dort für das Ausgraben oder Aushöhlen eines solchen Kellers in angegebener Breite und Höhe für den laufenden Fuß 2 Fl. 42 Xr. In der Gegend von München findet man in dem dortigen, meistens nur aus Kies und Gerölle bestehenden Boden die Keller ganz ausgegraben und gemauert. Dort erhalten sie in der Regel eine Breite von 18 bis 20 und eine Höhe von 12 bis 15 Fuß, so daß mehrere Fässer über einander gelagert werden können. Da diese Keller im Sommer nicht selten eine höhere Temperatur als 6° zeigen, so sucht man ihre Temperatur durch Eis zu vermindern. Früher brachte man dies in hölzerne Kästen, die im Keller selbst passend aufgestellt waren. Der häufige Luftwechsel des Kellers bewirkte aber ein baldiges Schmelzen, ehe noch die wärmere Sommerzeit eintrat; man bringt daher gegenwärtig das Eis in besondere ganz abgeschlossene Räume, die nur durch Oeffnungen mit dem Keller in Verbindung gesetzt werden können. Diese Verbindung wird aber nicht früher hergestellt, als bis sich die Temperatur im Bierkeller anfängt zu erhöhen, wo dann dies von der Luft abgeschlossene Eis ausreicht, eine weitere Erhöhung der Temperatur zu verhüten. Da sich die Temperatur der Keller hauptsächlich durch den Luftwechsel nach und nach erhöht, so muß dieser bei der wärmeren Jahreszeit vor Allem vermieden werden. Hierzu ist es zunächst nöthig, bei dem Lagerkeller verschiedene Abtheilungen zu machen, die von einander völlig zu trennen sind, damit die Abgabe des Bieres nur immer aus einer Abtheilung des Kellers geschieht und der hierbei unvermeidliche Luftwechsel nur den hier gelagerten Theil des Bieres berührt. Der Grundriß Fig. 189 eines Sommerbierkellers zeigt, wie diese Abtheilungen am zweckmäßigsten anzulegen sind. *AA* sind die Räume, wo sich die Aufzüge und die Treppen befinden. *BB*... sind die Abtheilungen, wovon je vier einen gemeinschaftlichen Aufzug und Eingang haben. *bb*... sind die Abtheilungen für das Eis. sie werden durch eine Mauer unter sich und von den Kellerabtheilungen getrennt, sind aber durch Oeffnungen, wie schon angegeben, mit diesen in Verbindung zu bringen. Die äußere Wand, welche die Eisbehälter umgiebt, ist doppelt gemauert und schließt dadurch eine Luftschicht ein, um die äußere Erdwärme besser abzuhalten. Der hohle Raum hat nach oben für jede Abtheilung eine Oeffnung, die bei strenger Kälte geöffnet bleibt, um später recht kalte Luft einzuschließen. Oberhalb des Lagerkellers befindet sich, wenn dieser nicht unter der Brauerei anzubringen ist, ein Gebäude, welches den nöthigen Raum für die Fässeraufbewahrung und in der Regel auch eine Wohnung enthält. Die Eisbehälter an der einen Längenseite des Gebäudes, die womöglich gegen Osten gerichtet sein soll, sind durch einen Anbau überdeckt. Jede Kellerabtheilung hat auf beiden Enden eine Oeffnung, wodurch bei kälterer Witterung ein Luftzug bewirkt werden kann, was es möglich macht, im Winter den Lagerkeller so weit abzukühlen, daß selbst in beträchtlicher Tiefe eine Temperaturverminderung unter 0 erreicht wird.

Fig. 189.



Mit dem Eintritt der wärmeren Witterung sind sämmtliche Luftzüge zu schließen und einzelne nur Nachts bei kälterer Witterung wieder zu öffnen. Um einen dichteren Verschluß schnell erreichen zu können, liegt neben jeder Oeffnung ein Haufen Sand, womit man Morgens die Luftklappe leicht bedeckt und Abends schnell wieder davon entfernen kann. Für die regelmäßige Besorgung dieser wichtigen Pflege des Lagerkellers ist ein Mann besonders verpflichtet. Zur sicheren Beurtheilung, wann es zweckmäßig ist, jenen Luftzug zu bewirken, sind sowohl in jeder Kellerabtheilung als auch außerhalb des Gebäudes Thermometer vorhanden, um jede Temperaturveränderung genau erkennen zu können. Nach dem

Schlusse der Siedzeit und nach dem völligen Anfüllen sämmtlicher Lagerfässer werden die einzelnen Abtheilungen ganz geschlossen und ihre Eingänge zugemauert.

Die Lagerung der Bierfässer ist verschieden.

Bei hinreichender Höhe und Weite des Kellers lagert man, wenn man im Raume nicht sehr beschränkt ist, die größeren Fässer zu 12 bis 15 Eimer in zwei Reihen der Länge nach, so daß zwischen den beiden Reihen in der Mitte noch ein Gang von etwa 5 bis 6 Fuß bleibt.

Auf diese größeren Fässer legt man dann noch eine Reihe etwas kleinere, je nachdem es die Wölbung des Kellers erlaubt. Sind beide Reihen gefüllt, so kann auch noch der Gang mit Fässern ausgelegt werden. Wo man mit dem Raume mehr zu sparen hat, legt man die größeren Fässer der Quere nach durch den Keller in zwei Reihen über einander, gewöhnlich unterhalb vier und drei, etwas kleinere oben. Bei dem Aufeinanderlegen der Fässer müssen die oberen besondere Lager erhalten, damit sie nicht einander berühren.

Die erstere Art der Lagerung gewährt den Vortheil, daß man nach dem Oeffnen einer neuen Kellerabtheilung, sobald die Fässer, welche den mittleren Gang ausfüllen, zunächst abgegeben, alle übrigen Fässer zugänglich werden, was bei der Lagerung der Breite nach nicht möglich wird.

Verwendet man Fässer von 8 bis 12 Eimer oder 20 bis 30 Tonnen Gehalt, so bedarf man zur Aufbewahrung von 5- bis 6000 Eimer Lagerbier eine Kellerlänge von 650 Fuß bei einer Breite von 18 Fuß, wonach ein Keller in der angegebenen Art gebaut, mit 8 Abtheilungen, jede 80 Fuß Länge, erhalten müßte, wozu für jede Abtheilung in der angegebenen Breite ein Eisbehälter von 20 Fuß Länge nöthig werden würde.

Aufbewahrung des Eises über der Erde.

Die Vortheile, welche die Verwendung von Eis beim Kühlen der Würze, bei der Gährung und längeren Aufbewahrung des Bieres gewährt, finden immer allgemeinere Anerkennung und Verbreitung. Letztere verdanken wir vorzugsweise der gemachten Erfahrung, daß sich das Eis über der Erde in sogenannten Eishäusern weit leichter und überall besser aufbewahren lasse, als in der Erde, in sogenannten Eiskellern. Diese können namentlich nicht überall, oder nur da angelegt werden, wo sie gegen das Eindringen von Wasser zu schützen sind. Aber auch da, wo das Eis im Boden gegen das Eindringen von Wasser zu schützen ist, wird es nicht möglich, die Wärme des Bodens durch einen so schlechten Wärmeleiter von dem Eise fern zu halten, als dies über der Erde der Fall ist. Nicht die Höhe der Temperatur, welche den Eisbehälter umgiebt, bedingt die Zuleitung der Wärme, sondern die Wärmeleitungsfähigkeit zeigt hierbei einen weit größeren Einfluß. Diese Leitungsfähigkeit hängt aber vor Allem von dem Feuchtigkeitsgrade der Umgebung ab und zwar der Luft, welche den Eisraum umgiebt. Nur die trockne Luft gehört zu den schlechten Wärmeleitern, ihre Wärmeleitungsfähigkeit wird lediglich durch ihren Feuchtigkeitsgrad bedingt. Die niedrige Temperatur des Bodens schützt lange nicht so gegen das Eindringen der Wärme, als die größere Trockenheit der Luft über der Erde; demnach ist nicht der kühlste, sondern der trockenste Raum der geeignetste zur Aufbewahrung des Eises. Je freier dabei ein solcher Raum liegt, desto leichter ist das Eis darin gegen das Eindringen von Wärme zu schützen.

Der nachtheilige Einfluß nahestehender Gebäude läßt sich jährlich bei dem kleinen Eisbehälter der technischen Werkstatt zu Hohenheim beobachten. Derselbe befindet sich in einem Holzschuppen am Fabrikgebäude; gegen Norden, Osten und Süden liegt der Eisbehälter ganz frei, während er gegen Westen an das Fabrikgebäude stößt. Nach dieser Seite zu zeigt sich nun jährlich eine weit raschere Abnahme des Eises, als nach der freiliegenden und namentlich der südöstlichen Seite zu, an welcher der Behälter nicht einmal gegen die durch den Lattenverschlag des Holzschuppens dringenden Sonnenstrahlen geschützt liegt. Es dürfte dies wohl als genügender Beweis dienen, daß die in Irrthum sind, welche einen kühlen Keller für den geeignetsten Raum zur Anlage eines Eisbehälters halten. Jedenfalls sind wir nicht im Stande, das Eis in der Erde mit einer so trocknen Luftschicht zu umgeben, als dies über der Erde möglich wird, und hierauf beruht die leichtere und bessere Aufbewahrung des Eises über der Erde.

Bereits in den zwanziger Jahren wurde von Siemens sen. auf der damals von ihm gepachteten fürstlichen Domaine bei Pyrmont ein größeres Eishaus über der Erde zur Aufbewahrung des Lagerbieres ꝛc. angelegt und die Einrichtung desselben in Nr. 61 der „Oekonomischen Neuigkeiten" vom J. 1829 beschrieben.

Dieses Eishaus bestand im Wesentlichen aus einem über der Erde erbauten Keller oder Raume zur Lagerung des Bieres, mit einem langen, durch mehrere Thüren abschließbaren Zugange. Auf beiden Seiten dieses schmalen Einganges befinden sich, dem Kellerraume zunächst, die Eisräume. Das Ganze wurde durch eine 12 Fuß starke Umkleidung in abwechselnden Schichten von Stroh und Spreu und Rapsschoten gegen den Zutritt der Wärme von außen geschützt.

Diese und ähnliche nach ihr gemachten Anlagen, namentlich auch die in neuerer Zeit gerühmten amerikanischen Eishütten mit einer Torfumkleidung leiden jedoch an dem Fehler, daß sie unterhalb nicht genügend gegen die Wärme und Feuchtigkeit des Bodens und durch den Zugang von der Seite nicht hinreichend gegen das Eindringen der Luft von außen geschützt sind. Wird für eine völlige Isolirung des Behälters vom Boden gesorgt und der Zugang nur von oben hergestellt, dann genügt, wie eine langjährige Erfahrung gezeigt, auch eine weit schwächere Umhüllung, selbst geringere Quantitäten Eis über der Erde gut zu erhalten.

Zur Anlage eines solchen Eisbehälters wird zunächst auf einzelnen 2 bis 3 Fuß hoch gemauerten Pfeilern die Bodenfläche im ganzen Umfang oder 3 bis 4 Fuß länger und breiter als der eigentliche Eisraum fassen soll, hergestellt. Drei Fuß über dieser unteren Bodenfläche ist der Boden für den Eisraum nach Art der Bierkühlen, also auch mit einem erhöhten Rande, und zwar völlig wasserdicht aufzuführen. Um diesen Boden möglichst billig und dennoch sicher wasserdicht zu erhalten, wird derselbe am zweckmäßigsten mit einer doppelten Lage von gutem Asphaltfilz belegt; man kann dadurch ein billigeres Holz zu dem Boden verwenden. Die Anforderung, daß dieser

Boden dauerhaft wasserdicht bleibe, ist aber eine sehr wichtige, damit die untere Umhüllung sicher trocken bleibt, in welchem Zustande sie allein als schlechter Wärmeleiter dienen kann. Zur Ableitung des etwa entstehenden Eiswassers dient ein durch den unteren Boden führendes Rohr, welches außen eine Biegung nach aufwärts erhält, damit es stets gefüllt und dadurch der Zutritt der Luft sicher abgesperrt bleibt. Der Boden des Eisraumes ruht am zweckmäßigsten auf breiten Holzpfeilern, die entsprechend den unterhalb gemauerten Pfeilern aufgeführt werden. Eine Verbiegung der Unterlage für den Eisraum ist nicht zweckmäßig, weil der Raum zwischen den Bögen dann nicht so gleichmäßig dicht mit der Umhüllung auszufüllen ist. Innerhalb des äußeren Randes des wasserdichten Bodens sind die Seitenwände des Eisraumes aufzuführen. So solid der Boden herzustellen ist, so wenig wird dies für die Seitenwände des Behälters nöthig, die nur für den schwachen Seitendruck der Spreuumhüllung und gegen eine Beschädigung beim Einfüllen des Eises genügende Festigkeit erhalten müssen; das Eis selbst drückt nur nach unten, indem es sich bald von den Seitenwänden ablöst und frei auf der Unterlage liegt. Leichte Riegelwände mit Bretterverschalung sind hier genügend. Die Seitenwände müssen aber innerhalb des Randes der wasserdichten Unterlage aufgeführt werden, damit die allenfalls an der äußeren Seite condensirte Feuchtigkeit nicht in die untere Umhüllung rinne, sondern nach innen abgeleitet wird.

Auch die Bedeckung des Eisraumes bedarf keiner größeren Festigkeit, als der geringe Druck der oberen Spreulage erfordert; nur für den hier anzubringenden Zugang ist eine hinreichende Solidität erforderlich, um beim Einfüllen des Eises nicht so leicht beschädigt zu werden.

Der Zugang wird durch einen einfachen Schlauch aus starken Brettern am besten gerade in der Mitte der Decke hergestellt, er erhält unten und oben Doppelklappen zum Verschluß. Zur Ausfüllung des Raumes zwischen diesen beiden Klappen dient am besten Werg (Heede) als Material, welches sich leicht entfernen läßt und guten Verschluß gewährt.

Die äußere Umkleidung oder der äußere Bau wird am zweckmäßigsten aus Riegelwänden mit einer gewöhnlichen Dachbedeckung hergestellt und muß so viel höher sein, als der Zugang von oben erfordert.

Die Nothwendigkeit, den Zutritt von oben einzurichten, hat allerdings das Unbequeme, das Eis beim Füllen in die Höhe fördern zu müssen, wenn die Anlage nicht etwa am Abhange eines Berges oder einer Erhöhung zu machen ist, von wo aus die Zuführung des Eises erleichtert wäre. Auf den Zugang von oben ist jedoch unter keiner Bedingung zu verzichten, denn nur hierdurch wird es möglich, eine nachtheilige Circulation der Luft in der Umhüllung des Behälters zu verhüten.

Als Material zur Umhüllung giebt es kein besseres, als die Dinkelspreu, die Spelzen des Dinkels, der im südwestlichen Deutschland die Hauptfrucht ausmacht. Ihre Spelzen behalten die Form des Kornes, sind groß, sehr fest und dauerhaft, weshalb sie sich auch durch längeres Lagern nur unbedeutend zusammensetzen. Sie nehmen das Wasser fast gar nicht auf, ziehen deshalb auch keine Feuchtigkeit an; ähnlich verhält sich die Umhüllung der Maiskolben, wo solche in genügender Menge zu haben ist. Nach diesem Material sind Rapsschoten als brauchbar zu bezeichnen, nur ertragen sie keine Nässe, in der sie sich leicht erwärmen, eben so das Gerstenkaff, welches mit der Zeit zu einer festen Masse zusammensinkt, weshalb man es nur mit gröberen Theilen, wie Rapsschoten oder Dinkelspreu, untermischt anwenden kann. Loser, schwammiger Torf, regelmäßig aufgesetzt und die Fugen mit Spreu oder Kaff ausgefüllt, giebt eine brauchbare Umhüllung. Auch auf der Futterlade geschnittenes Haidekraut oder Schilf können als geeignetes Material empfohlen werden. Völlige Trockenheit und Abhaltung aller Feuchtigkeit sind, wie schon wiederholt erwähnt, vor Allem nöthig.

Nach diesen Angaben wurden seit 15 Jahren in Würtemberg, Baden und Baiern viele solche Eisbehälter für Brauereien und Gutsbesitzer mit dem besten Erfolg eingerichtet. Einer der ersten wurde in der großen früher Denninger'schen Brauerei zu Stuttgart hergerichtet. Gegenwärtig sind dort zwei solcher Eisbehälter in gleicher Weise gebaut. Der beschränkte und theure Raum mitten in der Stadt veranlaßten hier, die Eisbehälter auf so hohe Pfeiler zu stellen, daß unterhalb Raum für die Aufstellung der Bierwagen blieb. Das Gebäude für die Behälter schließt an eins der Malzhäuser, von wo dann auch der Zugang von oben in die Eisräume führt. Jeder Behälter faßt ungefähr 4000 Cubikfuß. Die in allen Theilen solide Anlage erforderte einen Kostenaufwand von circa 2000 Gulden, wovon aber der größere Theil für den äußeren Bau in Anspruch genommen wurde.

Obgleich größere Massen von Eis, weil sie weniger Oberfläche im Verhältniß zum Cubikinhalt haben, als kleinere Massen, weniger Abgang zeigen als letztere, so ist es doch aus anderen Rücksichten ganz zweckmäßig, den Vorrath von Eis in zwei oder drei kleineren Behältern oder Abtheilungen aufzubewahren. Es spricht zunächst hierfür, daß die Füllung kleinerer Behälter bei wechselnder Witterung leichter auszuführen ist, besonders aber, daß der beim Herausnehmen des Eises unvermeidliche Luftwechsel auf einen kleineren Vorrath sich erstreckt. So lange das Eis unberührt oder der Eisbehälter geschlossen bleibt, ist die Verminderung ganz unbedeutend, während diese im anderen Falle am vermehrten Wasserabflusse sogleich bemerkbar wird. Nach angestellten Beobachtungen betrug die Menge des abfließenden Eiswassers etwa $^1/_{25}$ des Eisvorraths im Laufe eines Jahres.

Die unbequeme Füllung der erhöht angelegten Eisbehälter veranlaßt noch zu oft, die Behälter wenigstens zur Hälfte in die Erde zu bringen, um dadurch auch die Anlage billiger herzustellen, es geschieht dies aber, wie die Erfahrung zeigt, zum großen Nachtheil der Haltbarkeit des Eises und der ganzen Einrichtung, die in der feuchten Erde bald erneut werden muß.

Noch muß hier dringend empfohlen werden, mit der Füllung des Behälters, sobald hierzu im Beginn des Winters eine genügende Menge Eis zu Gebote steht, nicht zu säumen, sollte das Eis auch noch nicht die gewünschte Stärke erreicht haben. Der Unterschied in der Haltbarkeit, ob das Eis in größerer oder geringerer Stärke einge-

bracht wird, zeigt sich als unbedeutend, während die Erfahrung lehrt, daß, wenigstens hier in Süddeutschland, nicht selten die beste Zeit zum Füllen versäumt wird.

Ferner ist es für den Brauer sehr rathsam, schon den ersten Frost zum Sammeln eines Eisvorraths zu benutzen, wenn auch nicht zur längeren Aufbewahrung, so doch um dadurch selbst im Laufe des Winters oder der Sudzeit, namentlich gegen das Frühjahr zu, in der Bereitung seines Lagerbiers nicht durch die Ungunst der Witterung gestört zu werden.

Solche Eisvorräthe für den Winterbedarf lassen sich leicht in jedem trocknen Faßmagazin dadurch gut erhalten, daß man sie auf eine etwa 1 Fuß hohe Unterlage von Reisig bringt, dann zunächst mit Stroh und dieses mit Spreu oder Laub bedeckt. Man glaube ja nicht, daß ein solcher Eisvorrath in dem anscheinend kühleren Keller sich besser erhalte!

C. Siemens.

Blei.

Atomgewicht 103,7. Symbol Pb.

Das **Blei** ist wahrscheinlich, wenigstens ist das Gegentheil nicht nachzuweisen, den Israeliten nicht bekannt gewesen, und wenn es der Fall war, so wurde es vom Zinn nicht so genau unterschieden, daß beide Metalle stets mit verschiedenen Namen bezeichnet wären. Das Bedil der Hebräer ist in der ältesten griechischen Uebersetzung des alten Testamentes im dritten Jahrhundert v. Chr. meist durch *κασσίτερος* wiedergegeben, was man später mit Zinn übersetzte; es findet sich jedoch in jener Uebersetzung für Bedil in einigen Fällen auch *μόλιβος*, welches Wort bei den Griechen ohne Zweifel unser jetziges Blei bedeutete. Zuerst von **Plinius** wird das Blei Plumbum nigrum genannt, vom Zinn als Plumbum candidum oder album unterschieden und von seiner Bereitung aus reinen oder silberhaltigen Erzen gesprochen. Die Römer wandten das Blei schon zu Wasserleitungsröhren an und lötheten dieselben mit einer Legirung von 2 Blei und 1 Zinn. Des Bleioxyds wird auch von **Plinius** und **Dioskorides** erwähnt; dasselbe wurde jedoch bald mit Bleiglanz verwechselt, bald glaubte man, die nach verschiedenen Methoden dargestellten Arten des Bleioxyds seien ganz verschiedene Körper. Die Anwendung des Bleioxyds zur Glasbereitung ist wahrscheinlich den Alten bekannt gewesen; mit Bestimmtheit wird der Bleiglasur vom dreizehnten Jahrhundert an erwähnt.

Die alten chemischen Philosophen gaben dem Blei das Zeichen des Saturnus, wie dieser ernst, traurig, finster und langsam, so sei jenes aschefarbig, traurig und träge in jeder chemischen Operation, wie der Saturn seine Söhne verschlinge, so zerstöre und benage das Blei alle Metalle.

Eigenschaften des Bleies. Das reine Blei besitzt eine lichtgraue Farbe, große Weichheit und auf frisch geschabten oder geschnittenen Stellen einen starken Glanz, der sich aber durch oxydirende Wirkung der Luft bald verliert. Auf dem Bruche zeigt das Blei ein gleichartiges, wie geschmolzenes Ansehen, läßt sich leicht biegen, hämmern und zu dünnen Blättern auswalzen. Spec. Gewicht bei 0° gegen Wasser von der größten Dichtigkeit nach Reich 11,370; je reiner dasselbe, um so mehr nähert sich seine Dichtigkeit der bezeichneten, so daß sich der Werth des Bleies nach seinem specifischen Gewichte beurtheilen läßt. Dieses nimmt durch Pressen, Hämmern und Walzen ab, weil das Blei dabei wahrscheinlich Risse erhält. Ausdehnung des Bleies bei der Erwärmung von 0° bis 100° C. = 0,002866 seiner Länge, cubische Ausdehnung für 1° Temperatur 0,000089; specifische Wärme 0,0308; Leitungsfähigkeit für Wärme 179,6 (Gold = 1000); Leitungsfähigkeit für Elektricität 8,245 (Silber = 100). Schmelzpunkt 322° C. Bis nahe zum Schmelzen erhitzt, wird es, ähnlich wie Zinn, so spröde, daß dasselbe durch starke Hammerschläge oder gegen den Fußboden geschleudert in Stücke zerbricht, welche auf dem Bruche ein krystallinisch faseriges Gefüge zeigen. An der Luft oxydirt sich das Blei bald und überzieht sich nach längerer Zeit mit einem weißen, aus kohlensaurem Bleioxyd bestehenden Pulver. Beim Schmelzen unter Luftzutritt erfolgt diese Oxydation viel schneller; das Blei überzieht sich dabei mit einer grauen Kruste von Bleisuboxyd, Pb_2O, welche durch weiteres Glühen allmälig in gelbes Bleioxyd, PbO (Glätte, Massicot, Bleigelb, Neugelb, Königsgelb), und rothes Bleioxyd, Pb_3O_4 (Mennige), verwandelt werden kann. In starker Glühhitze verdampft das Blei und die Dämpfe verwandeln sich unter dem Einfluß der Luft in Bleioxyd und kohlensaures Bleioxyd.

Das beste Lösungsmittel für das Blei ist verdünnte Salpetersäure; in concentrirter Salpetersäure löst sich das Blei zwar auch, aber das gebildete salpetersaure Bleioxyd ist in der Säure schwer löslich. In heißer Schwefelsäure löst sich das Blei nur wenig unter Bildung von schwefelsaurem Bleioxyd, welches sich bei der Abkühlung ausscheidet. Von Salzsäure wird das Blei in der Hitze nur wenig angegriffen und in Königswasser ist dasselbe löslich unter theilweiser Abscheidung von Chlorblei. Nicht nur weiches Wasser, sondern auch Gips und doppeltkohlensauren Kalk enthaltendes Wasser, wenn zugleich Ammoniaksalze, namentlich salpetersaures Ammoniak vorhanden, nimmt Blei in solchen Mengen auf, daß dasselbe ohne vorherige Einengung des Wassers durch Schwefelwasserstoffgas nachgewiesen werden kann. Chloride, viel freie Kohlensäure und organische Säuren bildende faulende organische Stoffe befördern die Löslichkeit, doppeltkohlensaurer Kalk und Gips vermindern dieselbe. Auf Holz liegende bleierne Dachrinnen werden leicht zerfressen. Die Anwendung bleierner Röhren zu Leitungen

von Trinkwasser ist danach bei der Giftigkeit der Bleiverbindungen gefährlich. Schwache Pflanzensäuren, Essig, Wein, Bier, säuerliche Fruchtstoffe und auch reine Alkalien wirken auflösend auf Bleioxyd, selbst wenn dasselbe in den Glasuren und Bleigläsern an Kieselsäure gebunden ist.

Das Blei wird von keinem anderen Gift in der Langsamkeit und Dauer, aber Sicherheit der Wirkung übertroffen, mag dasselbe in Folge des Einathmens oder Aufsaugens bleihaltiger Dämpfe und Flüssigkeiten in den thierischen Organismus übergehen. Bei seiner langsamen und deshalb um so unmerklicheren Wirkung werden dadurch herbeigeführte Zufälle häufig ganz anderen Ursachen zugeschrieben, während sie z. B. durch den anhaltenden Genuß bleihaltigen Trinkwassers oder den Gebrauch von mit Bleioxyd glasirten Speisegeräthschaften veranlaßt werden. Nach Dr. *Angus Smith* kann schon $^1/_{40}$ Grain Blei per Gallon (10 Pfd.) für viele Personen schädlich sein, während andere durch $^1/_{10}$ Grain nicht afficirt werden. *Oscar Calvert* fand in Wasser von Manchester, welches sich als der Gesundheit nachtheilig erwiesen hatte, $^1/_{10}$ bis $^8/_{10}$ Grain Blei per Gallon, *Macadam* in Wasser zu Edinburgh $^1/_{400}$ Grain im Gallon. Wenn man Wasser einige Zeit in bleiernen Röhren verweilen läßt und dieselben dann wieder in beständigen Gebrauch nimmt, so wirkt das Wasser auf diese Röhren viel stärker ein. Röhren aus Blei-Zinnlegirungen werden stärker angegriffen, als solche aus reinem Blei. Während nach *Vauquelin* und *Proust* Essigsäure wenig oder gar nicht auf mit Zinn legirtes Blei wirken soll, so findet nach *Fleischl's* neuesten Versuchen, je nach dem Bleigehalt der Legirung, stets eine Auflösung von mehr oder weniger Blei — immer aber genug, um auf die Dauer schädlich zu wirken — neben Zinn Statt. Zu Nantes ist eine Vergiftung durch Anwendung von Kochgeschirren vorgekommen, welche nach *Bobiere* neben Zinn 28 Proc. Blei, Zink rc. enthielten. Eine Legirung von 25 Proc. Zink, 30 Proc. Blei und 45 Proc. Zinn liefert eine Verzinnung, welche äußerlich der mit feinem Zinn hergestellten gleicht. Da auch Fette sich mit Bleioxyd verbinden (Bleipflaster), so ist es unstatthaft, für den Speisegebrauch zu verwendende Oele durch Digestion mit Bleioxyd oder Ausstellen in bleiernen Gefäßen zu klären. Chlorblei, als Schminke verwandt, wirkt langsam zerstörend auf die Haut.

Als Symptome einer Bleivergiftung gelten: mehr oder weniger heftige Kolikschmerzen, Verstopfung, Uebelkeit und Erbrechen, mit heftigen Schmerzen eingezogener und vertiefter Bauch, Mangel an Appetit, Schlaflosigkeit mit großer Angst, blasses, gelbliches und während der Schmerzen eingezogenes Gesicht, schiefergraues Zahnfleisch, heftiger Gliederschmerz, Zittern, Contraction der Glieder u. A. Ihren höchsten Grad erreicht die Bleivergiftung in der schon von *Hippokrates* gekannten höchst gefährlichen Bleikolik, der sogenannten Hüttenkatze (Tabes saturnina) der Bleihüttenarbeiter oder der Malerkrankheit, einem allgemeinen Austrocknungs- und Verschrumpfungsproceß.

Durch den Genuß von schwefelsäurehaltigem Wasser oder schwefelsaurer Salze (Glaubersalz, Bittersalz), sowie durch Schwefelbäder läßt sich der allmäligen Vergiftung vorbeugen; bei den eigentlichen Vergiftungen durch Bleiverbindungen müssen rasch wirkende Brechmittel, reiner Zinkvitriol, genommen werden; sind dieselben nicht zur Hand, so müssen sie bis zum Eintreffen ärztlicher Hülfe durch Eiweißlösung, Milch, Seifenwasser und schleimige Getränke ersetzt werden.

Bleisorten des Handels. Diese sind mehr oder weniger mit fremden Metallen verunreinigt, welche das specifische Gewicht und zum Theil die Dehnbarkeit verringern, dagegen die Härte und größtentheils auch die Festigkeit vermehren. Die gewöhnlichen Verunreinigungen sind neben einer geringen Silbermenge *Kupfer* und *Antimon*, seltener *Arsen* und *Zink* (höchstens 1,5 Proc.), und noch seltener *Eisen* (höchstens 0,07 Proc.), *Nickel*, *Wismuth*, *Schwefel*. Häufig ist dem Blei eine geringe Menge *Bleisuboxyd* beigemengt, welches beim Verwalzen desselben von unangenehmem Einfluß ist, während seine Härte und Festigkeit dadurch vergrößert wird; das beim *Pattinson*'schen Krystallisirprocesse erhaltene sehr reine Blei zeigt sich beim Walzen in Folge der krystallinischen Structur oft brüchig.

Berühmt wegen ihrer Reinheit sind die *spanischen*, *amerikanischen*, *englischen* und *Villacher* Bleie; denselben kommen die *Oberharzer* und *Stolberger* nahe. Von geringerer Qualität sind die *ungarischen*, *böhmischen*, *sächsischen* und *Unterharzer* Bleie, insofern dieselben nicht aus dem *Pattinson*'schen Processe hervorgehen, oder besonders raffinirt werden.

Nach dem Grade ihrer Reinheit werden die Bleisorten auf den Hüttenwerken durch verschiedene Namen, verschiedene Form der Stücke und aufgeschlagene Zeichen näher bezeichnet (*raffinirtes*, *ordinäres*, *Krätzblei*, *Schlich-* und *Steinblei*, *Hartblei* rc.).

Bleianalyse. Das Verfahren zur Analyse eines Bleies, welches Kupfer, Antimon, Eisen und Zink enthält, besteht darin, daß man bis 50 Grm. in Salpetersäure löst, zur Trockne verdampft, wieder in Wasser auflöst, das abgeschiedene antimonsaure Bleioxyd auf ein gewogenes Filter bringt, nach dem Trocknen und Wägen in Salzsäure löst, mit Ammoniak und Schwefelammonium behandelt, das gebildete Schwefelblei abfiltrirt, das gelöste Schwefelantimon durch verdünnte Schwefelsäure abscheidet und nach dem Filtriren im Wasserstoffstrome reducirt. Im Filtrat von antimonsaurem Bleioxyd wird das Blei durch Schwefelsäure gefällt, durch Decantation ausgewaschen, die erhaltene Flüssigkeit concentrirt und zur Trockne verdampft, darauf mit Wasser behandelt und nach dem Abfiltriren des abgeschiedenen schwefelsauren Bleioxyds mit Schwefelwasserstoff behandelt, um Kupfer zu fällen, welches nach der *Heine*'schen Probe mit Musterflüssigkeiten bestimmt werden kann. Im Filtrat von Schwefelkupfer werden Eisen und Zink durch Ammoniak getrennt und letzteres durch Schwefelammonium ausgefällt.

Vorkommen des Bleies. Das Blei kommt in mehreren Mineralien vor; das wichtigste Erz für die Bleigewinnung ist der *Bleiglanz*, PbS, mit 86,57 Blei und 13,43 Schwefel, welchen zuweilen *Weißbleierz* $PbO . CO_2$ mit 77,52 Proc. Blei, *Pyromorphit* $PbCl + 3 [PbO(PO_5 . AsO_5)]$ mit 69,5 bis 76,2 Proc. Blei und *Bleivitriol* $PbO . SO_3$ mit 68,3 Proc. Blei begleiten. Nur das Weißbleierz kommt zuweilen in hinlänglicher Menge vor, um für sich oder gemeinschaft-

lich mit Bleiglanz zur Bleigewinnung verwandt zu werden.

Der **Bleiglanz** scheint den Alten bereits bekannt gewesen zu sein, doch dauerte es lange, bis man seine Zusammensetzung richtig erkannte. Der Bleiglanz kommt im tesseralen System krystallisirt, derb-, grob- und klein-körnig abgesondert, eingesprengt, zerfressen, zerhackt ꝛc. vor; Farbe röthlich-bleigrau, zuweilen bunt angelaufen auf Flächen einzelner Gestalten; Strich graulich-schwarz, stark metallisch glänzend, Bruch muschlig, selten zu beobachten; Theilbarkeit sehr vollkommen heraedrisch; milde, Härte 2,5; spec. Gew. 7,5 bis 7,6; verknistert vor dem Löthrohr auf Kohle, schmilzt unter Entwicklung von schwefliger Säure und giebt in der Reductionsflamme, namentlich bei Zusatz von Soda ein Bleikorn nebst gelbem Bleibeschlag, welcher mit einem weißen Saum von schwefelsaurem und kohlensaurem Bleioxyd umgeben ist. Auch bei einem Antimongehalt bildet sich ein solcher weißer Anflug. Meist hat der Bleiglanz einen Silbergehalt, von isomorphem Schwefelsilber herrührend. Derselbe schwankt am gewöhnlichsten zwischen 0,01 und 0,03 Proc. (0,32 bis 0,96 Loth), steigt jedoch zuweilen bis 0,5 Proc. (16 Loth), selten bis zu 1 Proc. (32 Loth). Zuweilen ist der klein- und feinkörnige Bleiglanz reicher an Silber, als der blättrige und grobspeisige, ferner der lichte blei- und stahlgraue ärmer, als der nicht sehr lichte rein bleigraue. Bleiglanz aus Gängen ist meist silberreicher, als aus Lagern.

Der **Bleischweif**, früher für eine Verbindung von Schwefelblei mit Schwefelantimon gehalten, ist dichter Bleiglanz, der sich durch seine weißlich bleigraue Farbe und den ebenen bis flachmuschligen Bruch auszeichnet. Spec. Gew. 7,2.

Mulmiger Bleiglanz ist feinschuppig, dunkelbleigrau, metallisch schimmernd und zerreiblich.

Der reine derbe Bleiglanz wird unter dem Namen **Alquifoux** (Glasurerz) zur Töpferglasur angewandt.

Analysen von Bleiglanz:

	Blei.	Silber.	Eisen.	Zink.	Schwefel.
a)	85,13	—	0,50	—	13,02
b)	79,60	7,00	—	—	13,40
c)	81,80	—	—	3,59	14,41
d)	83,61	—	—	2,18	14,18

a) u. b) Bleiglanz von Schemnitz nach **Thomson** und **Beudant**; c) und d) desgleichen von Przibram nach **Lerch**.

Rammelsberg fand einen Bleischweif von Bockswiese bei Clausthal zusammengesetzt aus 95,85 Schwefelblei, 3,34 Schwefelzink, 0,54 Schwefeleisen und 0,30 Schwefelantimon.

Der Bleiglanz kommt hauptsächlich auf Gängen und Lagern in verschiedenen Gebirgsformationen in Gesellschaft von mannigfaltigen anderen Erzen, z. B. Gold-, Silber-, Kupfer-, Zink-, Antimon-, Eisen-, Arsenerzen ꝛc., sowie in Begleitung der verschiedensten Gangarten (Quarz, Kalkspath, Flußspath, Braunspath, Schwerspath u. a.) vor. Er findet sich auf Gängen, z. B. im Granit in Spanien, im Gneis zu Freiberg mit gediegen Silber, Glaserz, Rothgültigerz, Fahlerz, Kupferkies, Kupferglanz, Schwefelkies, Zinkblende, Arsenkies, Quarz, Braunspath, Schwerspath, Kalkspath ꝛc.; im krystallinischen Schiefergebirge am Oberharze, in Cornwallis, im Nassauischen; im Uebergangs- und Steinkohlengebirge in England und Schottland; lagerartig im Muschelkalk und Dolomit der Gegend von Tarnowitz, im Kärnthner Kalksteingebirge; im Gemenge mit Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende, Quarz und dichtem Baryt im Rammelsberge bei Goslar; eingewachsen und eingesprengt im Flötzsandstein der Eifel (Sanderz oder Knottenerz); auf Putzen an der Sierra de Gador in einer dem Uebergangsgebirge untergeordneten Dolomitmasse; in Nordamerika, besonders in Missouri, in einem aufgeschwemmten rothen Thone. Nutzbare Bleierzlagerstellen finden sich besonders noch in Frankreich (Poullaouen, Huëlgoat, Villefort, Vialas), in Savoyen (Pezay und Macot), Belgien (Vedrin), in Schweden (Fahlun), u. a.

Der **Bleispath**, **Weißbleierz**, $PbO . CO_2$ mit 83,46 Bleioxyd und 16,54 Kohlensäure, und das Gemenge desselben mit Thon, Eisenoxyd ꝛc., die **Bleierde**, werden, wo sie in größerer Menge vorkommen, z. B. in der Eifel, am Altai, in Spanien ꝛc., als Bleierz betrachtet und zur Gewinnung des Bleies und zuweilen zugleich mit zum Silberausbringen benutzt. Der Bleispath krystallisirt rhombisch, Bruch muschlig ins Unebene, Wachs- bis Demantglanz, weißer Strich, durchsichtig bis durchscheinend, von starker doppelter Strahlenbrechung; farblos, schnee-, graulich-, gelblich-weiß, gelblich, aschgrau, zuweilen bräunlich, selten durch Kupfer grün und blau gefärbt; zuweilen von bleigrauem metallischen Ansehen; etwas spröde, Härte 3,5; spec. Gew. 6 bis 6,6; verknistert auf Kohle stark, färbt sich gelb, giebt ein Bleikorn und einen gelben Bleibeschlag mit weißem Saum von kohlensaurem Bleioxyd; in Salpetersäure leicht auflöslich. Findet sich krystallisirt, nierenförmig, rindenförmig, zellig, zerfressen, derb, eingesprengt auf den Lagerstätten des Bleiglanzes in oberen Teufen und ist ohne Zweifel durch Zersetzung von Bleiglanz entstanden. Die Kohlensäure dürfte von Kalkspath geliefert sein, welcher wahrscheinlich durch Einwirkung der aus der Zersetzung von Schwefelkies hervorgegangenen Schwefelsäure zerlegt wurde. Zuweilen hüllt die auf gleiche Weise entstandene Bleierde noch unzersetzte Kerne von Bleiglanz ein. Mit dem Weißbleierz kommen Kupferkies, Schwefelkies und andere theils geschwefelte, theils oxydirte Metalle vor. War dasselbe aus silberhaltigem Bleiglanz entstanden, so kann es einen geringen Silbergehalt besitzen, selten mehr als 0,1 Proc.

Unter ähnlichen Verhältnissen wie Weißbleierz findet sich das **Schwarzbleierz**, ein Gemenge von kohlensaurem Bleioxyd mit etwas Kohle. Ein bedeutender Kieselerdegehalt im kohlensauren Bleioxyd erschwert dessen Verschmelzung.

Analysen von Weißbleierz, Bleierde und Schwarzbleierz:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Bleioxyd	84,50	73,50	83,508	66,00	48,25	94,233	79,00
Kohlensäure	15,50	15,00	16,492	12,00	10,00		18,00
Kieselsäure	—	8,00	—	10,50	29,00	1,070	—
Thonerde	—	2,66	—	4,75	5,25	2,200	—
Eisenoxyd	—		—	2,25	3,00		—
Manganoxyd	—	—	—			—	—
Kalkerde und Eisenoxyd	—	—	—	—	0,50	—	—
Kohle	—	—	—	—	—	—	2,00
Wasser	—	—	—	2,25	4,00	2,566	—

1) und 2) Weißbleierz von Nertschinsk, durchsichtig und durchscheinend, nach John; 3) desgl. vom Griesberge in der Eifel nach Bergemann; 4) Bleierde von Tarnowitz nach John; 5) desgl. von Kall in der Eifel nach Demselben; 6) desgl. ebendaher nach Bergemann; 7) Schwarzbleierz nach Lampadius.

Gewinnung der Bleierze. Die Gewinnung des Bleiglanzes in den Gruben geschieht meist durch Lossprengen mittelst Pulvers, seltener durch Keilhauarbeit bei lockerem Gestein (z. B. in der Eifel). Im ersteren Falle sind die gebräuchlichsten Gewinnungs- oder Abbaumethoden der Försten- und Strossenbau. Zur Vorrichtung des ersteren bringt man auf der erzführenden Lagerstätte einen Schacht nieder, treibt von dessen Sohle aus in verschiedenen Niveaux horizontale Canäle (Strecken) im Erze oder im Nebengestein bis an dasselbe heran, verbindet die einzelnen Strecken durch Nebenschächtchen (Absinken) und schießt das Erz von einer Strecke bis zur anderen von unten nach oben absatz- oder strossenweise weg. Beim Strossenbau geschieht das Lossprengen des Erzes von oben nach unten. Schon in der Grube wird das taube Gestein (Berg) möglichst vom Bleiglanz mit Hämmern geschieden und zum Versetzen der ausgehauenen Räume benutzt, diese Scheidung aber über Tage sehr sorgfältig fortgesetzt.

Die dem Bleiglanz beigemengten metallischen und erdigen Substanzen wirken bei der Ausschmelzung des Bleies aus denselben theils ungünstig, indem ihre Bestandtheile das Blei verunreinigen (z. B. Kupfer-, Arsen-, Antimonverbindungen ꝛc.), oder den Schmelzproceß erschweren (z. B. viel Zinkblende und Erden), und dadurch größeren Brennmaterial- und Zeitaufwand bei mehr Bleiverlust veranlassen, theils wirken sie auf die Abscheidung des Bleies und die Schmelzung günstig (z. B. Spatheisenstein), oder können doch behuf der Schlackenbildung zur Schützung des ausgeschmolzenen Bleies nicht völlig entbehrt werden (Kieselerde, Thonerde und Kalkerde in bestimmten Verhältnissen). Es kommt demnach bei der weiteren Reinigung des Bleiglanzes auf mechanischem Wege (Aufbereitung der Erze) darauf an, die das Blei verunreinigenden Substanzen (Antimon-, Kupfer- und Arsenverbindungen), sowie die den Schmelzproceß erschwerenden Mineralien (Zinkblende, Schwerspath) möglichst vollständig zu entfernen, die günstig wirkenden (Spatheisenstein) aber zurückzuhalten und von erdigen Mineralien so viel beim Bleiglanz zu lassen, als zur Schlackenbildung erforderlich ist. Da man letzteres nicht völlig in der Gewalt hat, so muß demnächst beim Schmelzproceß das richtige Erdenverhältniß zur Schlackenbildung durch passende Zuschläge hergestellt werden. Wegen ihres von dem des Bleiglanzes nicht allzusehr abweichenden spec. Gewichtes lassen sich die metallischen Begleiter vom Bleiglanz niemals vollkommen trennen, und darin liegt der Grund, daß bei Verarbeitung eines solchen Erzes unreines Blei und Nebenproducte fallen, welche die fremden, oft nutzbaren Metalle (z. B. Silber, Kupfer, Antimon) enthalten und durch weitere Processe auf dieselben zugutegemacht werden müssen. Das Blei selbst bedarf dann noch einer weiteren Reinigung auf die später anzuführende Art, während ursprünglich reine Erze gleich ein gutes Product liefern.

Je weiter man die mechanische Aufbereitung der Erze treibt, um so leichter und mit einem um so geringeren Metallverlust können sich die Erze verschmelzen lassen, aber um so größer ist der mechanische Verlust an Blei. Es muß deshalb bei der Frage, wie weit die mechanische Aufbereitung fortzusetzen sei, erwogen werden, bei welchem Verfahren man den geringsten Metallverlust erhält.

Die mechanische Aufbereitung der Bleierze wird auf die Weise ausgeführt, daß man die aus der Grube geförderten gröberen Erzstücke (Wände) mit schweren Hämmern in faustgroße Stücke zerschlägt, dabei das abfallende taube Gestein aushält und die Erzstücke theils nach dem relativen Gehalt an Erz und Taubem (auf dem Harze z. B. in Stufferz, Schurerz, Pocherz, Bergerz), anderentheils nach den vorwaltend beigemengten metallischen und erdigen Begleitern separirt (blendige, kiesige, eisenspäthige, schwerspäthige, quarzige, kalkige Erze ꝛc.).

Das aus der Grube gelangende Erzklein wird von anhaftendem Schmutz auf groben, in stauchende (Rätter) oder rotirende Bewegung (Trommeln) versetzten Sieben unter Zuführung von Wasser gereinigt und damit gleichzeitig eine Separation nach der Korngröße verbunden. Das nicht durch das Sieb hindurchgehende Gröbere wird wie die Wände sortirt (verklaubt) und wie folgt verarbeitet:

a) Diejenigen Erzstücke, von denen sich mit kleinen Hämmern noch derbe Bleiglanzstückchen abschlagen lassen, kommen auf die Scheidebank, um hier dieser Verarbeitung unterworfen zu werden (Oberharzer Stufferze), wobei sogleich schmelzbares Erz erfolgt. Der Abschlag giebt eine oder mehrere der folgenden Erzsorten.

b) Läßt sich mit dem Hammer kein Stufferz mehr ausschlagen, finden sich aber noch derbe mit dem Gestein nicht zu innig verwachsene Bleiglanzpartien in den Stücken vor (Oberharzer Schurerz), so werden dieselben zwischen Walzen oder in Stampfwerken (Pochwerken) gröblich zermalmt, wobei sich die Bleiglanztheile von dem Berg theilweise lostrennen. Nachdem das Gewalzte oder Rösch-Gepochte durch Siebe (Separationsrätter) geworfen worden, wird das Gröbere (Röschere) in feinen Sieben, welche im Wasser in stauchende Bewegung versetzt werden, in Setzmaschinen, behandelt, wobei der schwere Bleiglanz, Setzgraupen, nach unten fällt, während die daran ärmeren, mehr erdigen Partien (Abhub) nach oben gehen, von hier abgezogen und entweder nochmals zerkleinert und versetzt, oder wie die folgende Sorte behandelt werden.

c) Enthalten die Erzstücke den Bleiglanz so innig mit dem tauben Gestein verwachsen, daß aus dem zermalmten und nach der Korngröße separirten Erz auf den Setzmaschinen kein reiner Bleiglanz mehr mit Vortheil erzielt werden kann, so pocht man die Erzstücke mit Wasser fein (zähe), und läßt das Wasser (Trübe) durch eine Menge Canäle und Sümpfe (in der Mehlführung) circuliren, wobei sich die gröberen, röscheren Schlämme früher absetzen, als die feineren, zähen. Die Ausziehung des Bleiglanzes aus diesen Vorräthen geschieht nun dadurch, daß man auf geeigneten Maschinen die Schlämme mit Wasser in Bewegung bringt, wobei die leichteren, unhaltigen Theile (After) vom Wasser weggespült werden,

während sich die metallreicheren, schwereren (Bleiglanzschlieche) zu Boden setzen. Man versetzt entweder die mehr oder weniger horizontalen Schlämmmaschinen in vor- und zurückgehende, stoßweise, stauchende Bewegung (Stoßheerd, Sichertrog), wobei die unhaltigen Theile im Wasser aufgeprellt und fortgespült werden, oder die Maschinen liegen in Gestalt von geneigten Ebenen fest und die Trübe fließt über dieselben, wobei die unhaltigen Theile vom Wasser mit fortgenommen werden, was man noch durch Aufrühren mit Besen durch Menschenhände befördert (Schlämmgräben, Plannenheerd, Kehrheerd). Bei den in neuerer Zeit auf dem Oberharze erfundenen rotirenden Kehrheerden werden diese Manipulationen durch maschinelle Vorrichtungen ausgeführt. Das Princip der Aufbereitung beruht demnach darauf, daß bei dem verschiedenen specifischen Gewicht des Bleiglanzes und seiner Begleiter und bei gleicher Korngröße sich ersterer früher als letztere absetzt, wenn man das Erz in Wasser in Bewegung bringt. Die Auswahl der einen oder anderen Maschine bei dem Schlämmproceß richtet sich hauptsächlich nach der Größe des Korns. Für gröberes eignet sich der Schlämmgraben, der Stoß- und Sicherheerd, für feinere Schlämme der Kehrheerd und der rotirende Kehrheerd. Durch Einführung von Spitzkästen hat man das Princip der Stetigkeit in die Aufbereitung gebracht.

Bei der mechanischen Aufbereitung erfolgt der aus den Erzen in mehr oder weniger reinem Zustande ausgezogene Bleiglanz demnach entweder in gröberen Stücken (Stuff) oder in kleineren Stücken (Graupen) oder in gröberen und feineren Schlämmen (Schliechen). Man verarbeitet entweder die Erzstücke und die Schlieche separirt (früher in Tarnowitz), oder gemeinschaftlich (Unterharz) oder verwandelt Alles in Schliechform (Oberharz, Freiberg, Przibram).

Probiren der Bleierze. Die zur Hütte gelieferten Bleierze werden auf ihren Blei- und Silbergehalt, zuweilen auch auf ihren Kupfergehalt probirt, um ihren Werth danach zu bestimmen und eine Controle beim Metallausbringen im Großen zu haben. Kommt das Erz in Stücken zur Anlieferung, so nimmt man davon auf dieselbe Weise Probe, wie von Eisenerzen (s. Eisen); bei Schliechform nimmt man, wie z. B. am Oberharze, beim Abwägen der Schlieche von jedem verwogenen Centner mittelst eines Löffels eine Probe und mengt das Probirgut sorgfältig. In Freiberg wird von je zwei Centnern abgewogenen Erzes mittelst eines gestielten halben hohlen Cylinders von Eisenblech aus der Mitte der Masse heraus ein kleiner Theil von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Pfd. herausgenommen, auf zwei neben einander stehende Tröge geschüttet und damit fortgefahren, bis die ganze Post, höchstens 45 Ctnr., verwogen ist.

Zunächst wird der Nässegehalt in dem Probirgute dadurch bestimmt, daß man größere Quantitäten davon nach einem verjüngten Centnergewicht abwägt und in einer Trockenpfanne von Eisen- oder Kupferblech einer Temperatur von etwa 100° C. so lange aussetzt, bis zwei einige Zeit nach einander vorgenommene Wägungen keine Gewichtsdifferenz mehr geben. Die Trockenpfannen werden auf eine erwärmte Platte gestellt und die Proben mit einem Spatel so vorsichtig umgerührt, daß kein Verstäuben stattfindet. Beschlägt eine über die Pfanne gehaltene kalte Glasplatte nicht mehr mit Wasserdämpfen, so ist der Inhalt derselben trocken. Da nur das adhärirende Wasser entfernt werden soll, so genügt Kochtemperatur des Wassers zum Erhitzen. Bei höherer Temperatur reißen die sich heftig entwickelnden Wasserdämpfe feines Mehl mit weg, es verbrennt Schwefel, etwa eingemengtes Holz verkohlt und es entstehen falsche Resultate. In Freiberg ist der Naßcentner = 75 Gramme und man bestimmt den Nässegehalt bis auf 0,5 Pfd.; auf dem Oberharz bis auf $\frac{1}{10}$ Ctnr.

Zur Herstellung des Probemehls für die Metallproben wird das nasse Probirgut wie bei der Naßprobe völlig getrocknet, in einer eisernen Reibschale so fein gerieben, daß Alles durch das verdeckte Probirsieb hindurchgeht. Enthielt das Erz gediegen Silber, Glaserz oder ähnliche geschmeidige Mineralien beigemengt, so bleiben dieselben theilweise im Sieb zurück. Man reibt dann diese Rückstände so lange mit neuen Quantitäten von dem schon durch das Sieb hindurchgegangenen Schliech in der Reibschale, bis derselbe ebenfalls durch das feine Probirsieb geht. Damit das Probemehl möglichst homogen wird, mengt man dasselbe nochmals in der Reibschale und läßt es noch einige Male durch ein grobes Drahtsieb laufen.

Die Bleiproben auf trocknem Wege sind im Allgemeinen mangelhaft, indem die besten Probirmethoden den Gehalt schwankend und stets zu niedrig angeben. Diese Mängel haben ihren Grund in der Flüchtigkeit des Bleies, sowie hauptsächlich in der Anwesenheit von Substanzen im Erze, welche sich mit dem Blei legiren und dann dessen Gewicht zu hoch erscheinen lassen, z. B. Gold, Silber, Kupfer, Antimon, Arsen. Letztere beiden Stoffe disponiren außerdem noch das Blei zur Verschlackung durch Bildung von Schwefelsalzen, welche als elektropositiven Bestandtheil Schwefelblei, als elektronegativen Schwefelantimon und Schwefelarsen enthalten. Gemenge von Bleiglanz und Fahlerzen, Bournonit und ähnlichen Mineralien lassen sich aus diesem Grunde gar nicht auf Blei docimastisch untersuchen und es muß der nasse Weg theilweise mit zur Hülfe genommen werden.

Zur Bestimmung des Bleies auf maßanalytischem Wege giebt es kein recht praktisches und allgemein anwendbares Verfahren.

Die **Auswahl des Probirverfahrens** für ein vorliegendes Bleierz oder bleiisches Product richtet sich zunächst danach, ob das Blei in demselben im geschwefelten oder oxydirten Zustande vorkommt.

A. **Bei geschwefelten Bleiverbindungen** sind drei Fälle zu unterscheiden, a) der Bleiglanz enthält neben wenig erdigen Bestandtheilen keine oder nur wenig fremde Schwefelungen (Kupferkies, Schwefelkies, Zinkblende u. dergl.); b) es sind viel solcher Schwefelungen vorhanden; c) es finden sich in vorwaltender Menge erdige Bestandtheile darin (Fluthafter).

Es lassen sich diese Zustände meist besser erkennen, wenn das Probegut in Stücken vorliegt, als wenn es in Pulverform vorhanden ist.

1) **Probirmethoden für geschwefelte Bleierze, welche wenig oder gar keine fremden Schwefelungen enthalten.**

Die hierher gehörigen Methoden beruhen darauf, daß man den Bleiglanz durch Alkalien allein, oder gleich-

zeitig durch Eisen entschwefelt und durch einen Kohlenzusatz zur Reduction der Alkalien und dadurch zur Beförderung ihrer entschwefelnden Wirkung beiträgt, oder auch den Kohlenzusatz ganz wegläßt. Zu viel Kohle veranlaßt Strengflüssigkeit. Durch die Alkalien allein oder bei gleichzeitiger Anwendung von geeigneten Zuschlägen, wie Borax, werden die im Erze vorhandenen Erden verschlackt. Kommen fremde Schwefelungen, Kupferkies, Schwefelantimon, Zinkblende ꝛc., mit dem Bleiglanz vor, so werden dieselben von den Alkalien und dem Eisen ebenfalls theilweise zerlegt und ihre Radicale gehen ins Blei; auch geben dieselben Veranlassung zur Bildung von Schwefelsalzen, welche Schwefelblei in der Schlacke zurückhalten. Von den alkalischen Verbindungen kommt hauptsächlich die *Potasche*, kohlensaures Kali, zur Verwendung; *Soda*, kohlensaures Natron, wirkt weniger kräftig. Der Kohlenstoff wird entweder in Gestalt von *Kohlenstaub* der Potasche beigemengt oder zweckdienlicher in fein zertheiltem Zustande im *schwarzen Fluß* oder in einem Gemenge von *Potasche* und *Mehl* zur Anwendung gebracht.

Der schwarze Fluß wird dadurch bereitet, daß man ein Gemenge von $2\frac{1}{2}$ Th. rohem Weinstein und 1 Th. Salpeter in einen erhitzten Thontiegel schüttet und auf die Oberfläche eine glühende Kohle legt. Alsbald beginnt eine Verpuffung der Masse, welche sich von oben nach unten hin verbreitet. Dabei oxydirt der Sauerstoff der Salpetersäure zunächst den Wasserstoff der Weinsteinsäure als den am leichtesten oxydabeln Bestandtheil, und dann auch einen Theil Kohlenstoff, während ein anderer Theil des Kohlenstoffs bei der richtigen Salpetermenge in fein zertheiltem Zustande sich ausscheidet. Nimmt man zu viel Salpeter, so oxydirt sich aller Kohlenstoff und man erhält statt eines Gemenges von kohlensaurem Kali und Kohle (schwarzen Fluß) nur kohlensaures Kali (weißen Fluß).

Der schwarze Fluß hat die üble Eigenschaft, leicht Wasser anzuziehen, weshalb derselbe öfters frisch bereitet werden muß. Man wendet deshalb statt dessen bequemer ein Gemenge von 100 Th. Potasche und 10 bis 15 Th. Weizen- oder Roggenmehl an. Beim Erhitzen des Gemenges verkohlt letzteres und es scheidet sich unter Entwicklung reducirender Gasarten feinzertheilter Kohlenstoff aus.

Alle Proben, welche in ihrer Beschickung Kohlenstoff enthalten, blähen sich in Folge der Bildung von Kohlenoxydgas auf und erfordern deshalb geräumige Schmelzgefäße, welche man höchstens zu $\frac{2}{3}$ mit Probirgut anfüllt. Eine zweckmäßige Form haben die Freiberger *Probirtuten*, Fig. 190, von 5 Zoll Höhe, 2 Zoll lichter Bauchweite und $1\frac{1}{2}$ Zoll Weite oben. Der innere Raum ist $3\frac{7}{8}$ Zoll hoch. Die Wandstärke beträgt oben $\frac{1}{10}$, unten $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll. Als Deckel dient der Fuß schon gebrauchter Tuten. Zur Anfertigung derselben bedient man sich eines in der Nähe von Oberschöna bei Freiberg vorkommenden weißen, sehr quarzfreien Thones, den man einsumpft, gut durcharbeitet und zu Platten walzt, welche zu Chamotte gebrannt werden. Diese wird gemahlen und dem rohen Thone so lange zugesetzt, bis

Fig. 190.



derselbe nicht mehr schwindet. Die Mengung geschieht durch Treten oder durch eine Knetmaschine. Aus dem Gemenge werden die Tuten auf der Töpferscheibe geformt.

Blähen sich die Proben beim Schmelzen nicht auf, so kann man sich kleinerer, $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll weiter und $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll tiefer Tiegel, Fig. 191, wie früher am Oberharze bedienen, welche in Formen geschlagen werden.

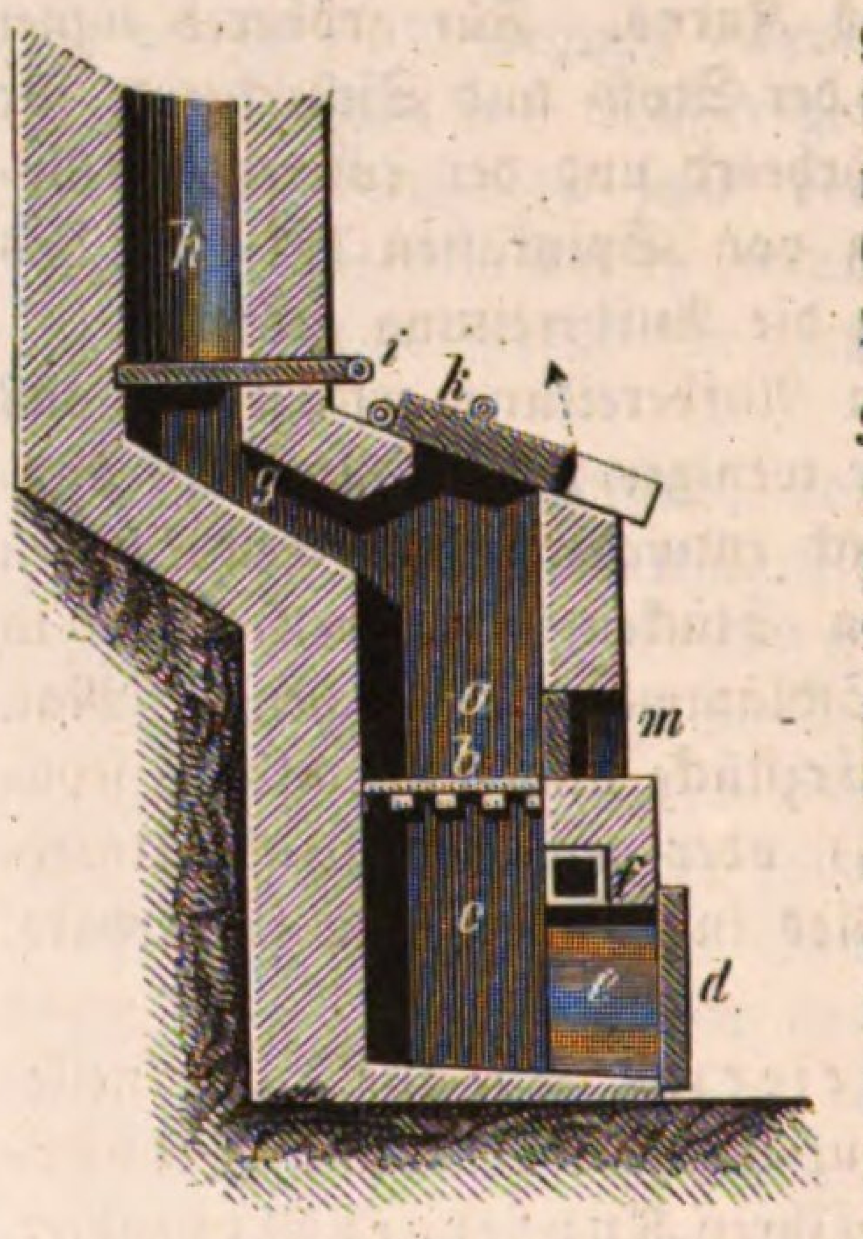
Fig. 191.



Das Erhitzen der Schmelztiegel geschieht entweder in *Windöfen* (Zugöfen, Tiegelöfen) oder in *Muffelöfen*. Proben, welche während des Schmelzens einen Zutritt von Luft zum Probirgute erfordern (wie z. B. die früheren Oberharzer Schliechproben), müssen in einem Muffelofen, sonstige Proben können in beiden Apparaten gleich gut geschmolzen werden.

Die *Windöfen* (Fig. 192) haben nachstehende Construction: *a* Schacht; *b* Rost; *c* Aschenfall, durch die mit einer Thür *d* versehene Oeffnung *e* zugängig; *f* mit der atmosphärischen Luft in Communication stehender Canal, durch welchen Luft unter den Rost tritt; *g* Fuchs; *h* Esse mit Register *i*; *k* nach oben aufzuziehender Deckel; *m* verschließbare Oeffnung zum Herausnehmen der Bleituten. Sie haben bald einen runden, bald einen quadratischen oder oblongen Querschnitt und erhalten für 10 Bleiproben zweckmäßig folgende Dimensionen: Höhe über dem Roste 12 bis 15 Zoll, Länge 11 bis 14 Zoll, Breite 10 bis 12 Zoll, Höhe des Aschenfalls 6 bis 8 Zoll. Je nachdem man zum Feuern Holzkohlen oder Kohks anwendet, muß die Esse verschiedene Höhe haben. Bei ersteren genügt eine Esse von $3\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll Durchmesser und 6 bis 8 Fuß Höhe; bei Kohks muß sie höher sein. Windöfen für Steinkohlenfeuerung haben über dem Roste *i* (Fig 193) statt der Muffel *a* nur ein Muffelblatt, auf welchem die von der Flamme umspielten Tuten stehen. Haben die Schmelztiegel einen Fuß, so setzt man sie direct auf den Rost, wenn nicht, so müssen sie auf 1 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll hohe Untersätze (Käse) gestellt werden, weil die Temperatur etwas über dem Roste immer höher ist, als unmittelbar auf demselben. Man giebt beim Anfeuern entweder einige glühende Kohlen auf den Rost und füllt den Schmelzraum mit Brennmaterial an oder der letztere wird erst mit todten Kohlen versehen und durch Auflegen von glühenden Kohlen von oben nach unten allmälig angefeuert. Bei letzterem Verfahren geht die Erhitzung allmäliger und es kommt dabei, was meist wirksamer ist, die in der Tute oben aufliegende Beschickung früher zum Schmelzen, als das unten liegende Erz. Man rechnet die Schmelzzeit bei der Windofenfeuerung von dem Augenblick an, wo die Flamme auf der Ober-

Fig. 192.



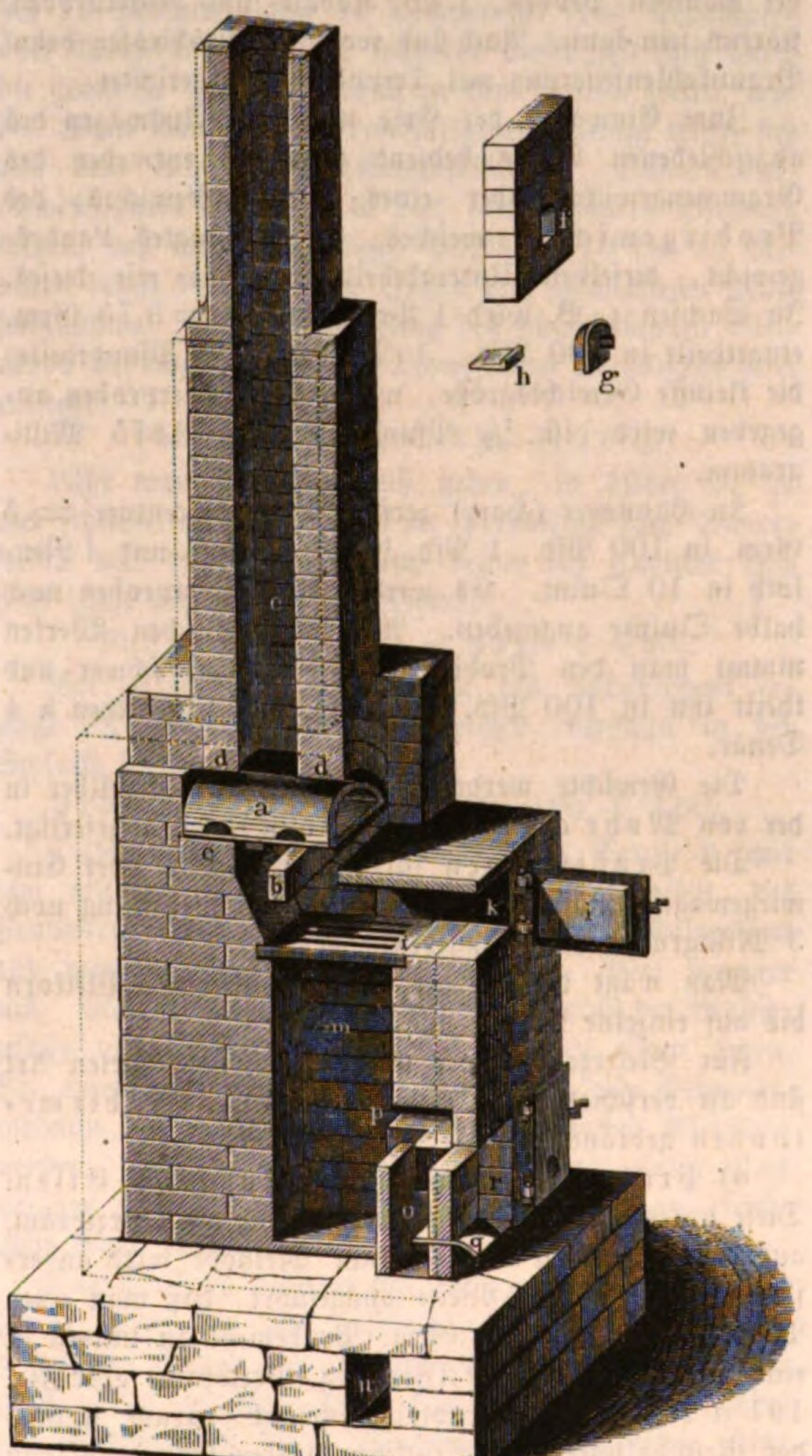
fläche durchschlägt. Das Schmelzen im Windofen kann, wenn man vom Einsetzen an rechnet, länger dauern, als das im Muffelofen, dagegen kürzer, wenn vom Durchschlagen der Flamme an gerechnet wird.

Die Muffelöfen enthalten ein aus Eisen oder aus feuerfestem Thone bestehendes Gefäß (die Muffel) in Form eines halb durchgeschnittenen, hinten verschlossenen, vorn offenen Cylinders, welches in einem prismatischen, cylindrischen oder elliptischen, aus feuerfesten Steinen oder aus mit Thon überkleidetem Eisenblech bestehenden Ofen erhitzt wird. Die Muffel nimmt die Schmelzgefäße auf, welche durch die aus derselben strahlende Wärme erhitzt werden. Die Muffelöfen sind entweder feststehend oder an Griffen transportabel. Je nach der Art des Brennmaterials, womit die Oefen gespeist werden, ist ihre Construction verschieden. Am einfachsten sind die Holzkohlenöfen eingerichtet, wie sie z. B. auf den Oberharzer Hütten in Anwendung stehen. Die 1 Fuß 3 Zoll lange und 7 ½ Zoll hohe Muffel steht auf dem 1 Fuß 3 Zoll langen und 10 Zoll breiten Muffelblatt, welches auf drei eisernen Traillen ruht. Diese liegen in entsprechenden Oeffnungen der Vorder- und Hinterwand des Ofens, 5 ½ Zoll über dessen Sohle. Der aus mit eisernen Bändern zusammengehaltenen Thonplatten bestehende Ofen ist 2 ½ Fuß lang, 1 Fuß 8 ½ Zoll tief und 2 Fuß 2 Zoll hoch. Von da ab verengt sich derselbe auf 6 Zoll Höhe bis zu 1 Fuß 3 Zoll Quadrat und trägt einen auf 1 Fuß 10¾ Zoll sich erweiternden, 5 Zoll hohen Blechtrichter. Rings um die in diesem Raume stehende Muffel bleibt — mit Ausnahme der Vorderseiten — ein 5 bis 6 Zoll breiter Zwischenraum zur Aufnahme von Kohlen, welche auch über die Muffel gebracht werden. Durch eine Oeffnung über und unter der Muffel in der Vorderwand tritt die Verbrennungsluft ein. Zur Muffel selbst führt eine 6 Zoll weite und 4 ½ Zoll hohe Oeffnung. Sämmtliche Oeffnungen sind durch Schieber verschließbar.

Bei Anwendung von Kohks muß unter der Muffel ein Rost vorhanden sein, auf welchem dieselben bei gehörigem Luftzuge verbrennen.

Sind Holzkohlen- und Kohksöfen einmal in Gluth gekommen, so läßt sich die Temperatur nicht rasch herabstimmen, was bei manchen Proben erforderlich ist. In dieser Beziehung sind die von Plattner construirten Steinkohlenmuffelöfen (Fig. 193) zweckmäßiger, weil man durch unterlassenes Schüren und Oeffnen der Thür vor der Schüröffnung die Muffel sofort abkühlen kann. *a* Muffel aus feuerfestem Thon, 1 Fuß 7 Zoll lang, 8 Zoll hoch und 1 Fuß breit, mit Zuglöchern. Dieselbe hat 1 Zoll Ansteigen nach hinten, ruht in der Mitte auf einem Tragstein *b*, hinten auf 3 Füßen *c* und ist von einem Gewölbe *d* aus feuerfesten Ziegeln umgeben, welches überall 2 Zoll von der Muffel absteht und in welches die quadratische Esse *e* von 7 ½ Zoll Seitenlänge und 12 Fuß Höhe einmündet. Vorn ruht die Muffel in einem Falz, welcher in die die unterste Lage der Stirnmauer bildenden Ziegel eingehauen ist. Der Raum, in welchem die Muffel liegt, ist 1 Fuß 8 Zoll lang, 1 Fuß 8 Zoll breit und 13 Zoll hoch. Die in der Stirnmauer angebrachte 5 Zoll weite und 6 Zoll hohe Muffelöffnung *f* läßt sich durch einen mit einem eisernen Henkel versehenen Vorsetzstein *g* schließen. Ueber der Muffelmündung befindet sich ein Schlitz, ebenfalls durch einen passenden Vorsetzstein *h* zu verschließen. 1 Fuß unter der Muffel liegt der 2 Fuß 7 Zoll lange und 11

Fig. 193.



Zoll breite, aus 6 Stäben bestehende Rost *i*, dessen zur Nutzung kommende Zwischenräume 1 Fuß 7 Zoll lang und ½ Zoll weit sind. Zu demselben führt die 11 Zoll weite, vorn 9 Zoll und hinten 7 ½ Zoll hohe und 1 Fuß 7 Zoll lange Schüröffnung *k*, mit einer Thür *l* versehen. Der Aschenfall *m* ist ungefähr 3 Fuß hoch, 11 Zoll breit und 1 Fuß 7 Zoll tief. Zur Verstärkung des Luftzuges tritt atmosphärische Luft durch den horizontalen Canal *n* von 9 Zoll Quadrat in den 4 Zoll breiten, 3 ½ Zoll tiefen Canal *o*, welcher bei *p* 1 Fuß 5 Zoll unter dem Rost in den Aschenfall einmündet und durch einen Schieber *q* mehr oder weniger verschlossen werden kann. Neben diesem Canal befindet sich eine mit einer Thür verschließbare zum Aschenfall führende Oeffnung *r* von 11 Zoll Breite und 1 Fuß 2 ½ Zoll Höhe.

Zu Przibram befindet sich das Schürloch an der hinteren Seite des Ofens, wodurch weniger Zug in dem Probirlaboratorium entsteht, dasselbe reinlicher zu halten ist, wenn man Arbeits- und Schürraum durch eine Wand trennt, und der Probirer vor Hitze geschützter ist; dagegen ist das Schüren nicht so präcis auszuführen, was bei manchen Proben, z. B. Kobalt- und Nickelproben, störend sein kann. Auch sind wohl die Probiröfen behuf Braunkohlenfeuerung mit Treppenrost vorgerichtet.

Zum Einwägen der Erze und zum Auswägen des abgeschiedenen Bleies bedient man sich entweder des Grammengewichts oder eines eigenen Gewichts, des **Probirgewichts**, welches, ein verjüngtes Landesgewicht, dieselben Unterabtheilungen hat wie dieses. In Sachsen z. B. wird 1 Probircentner = 3,75 Grm. eingetheilt in 100 Pfd., 1 Pfd. in 100 Pfundtheile; die kleinste Gewichtsgröße, welche bei Silberproben angegeben wird, ist $\frac{1}{2}$ Pfundtheil = 0,1875 Milligramm.

In Hannover (Harz) zerfällt 1 Probircentner = 5 Grm. in 100 Pfd., 1 Pfd. in 10 Neuloth und 1 Neuloth in 10 Quint. Es werden bei Silberproben noch halbe Quinte angegeben. Auf österreichischen Werken nimmt man den Probircentner 10 Grm. schwer und theilt ihn in 100 Pfd. à 32 Lth. à 4 Quentchen à 4 Denär.

Die Gewichte werden zweckmäßig aus Neusilber in der von **Mohr** angegebenen bequemen Form angefertigt.

Die **Probirwagen** für Bleierze (Vor- oder Einwiegewagen) müssen bei etwa 30 Grm. Belastung noch 3 Milligrm. deutlich angeben.

Man wägt das bei der Probe resultirende Bleikorn bis auf einzelne Pfunde aus.

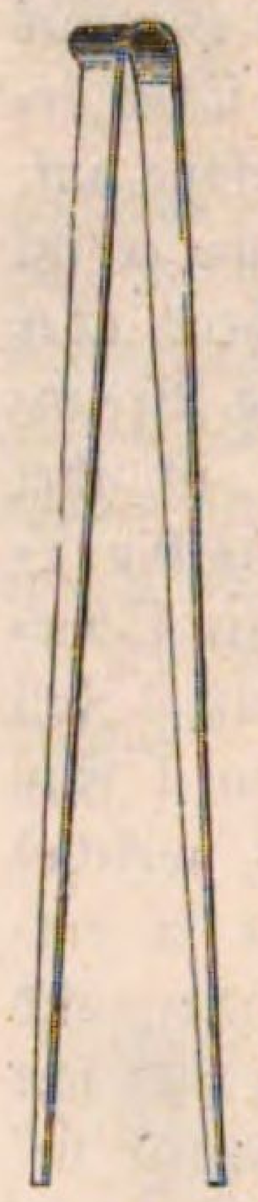
Für Bleierze von der unter A. 1 bezeichneten Art sind an verschiedenen Orten nachstehende **Probirmethoden** gebräuchlich.

a) **Probe mit schwarzem Fluß und Eisen.** Diese unter Anderm in Freiberg, Tarnowitz, Przibram, auf dem Oberharze u. a. übliche Methode wird an ersterem Orte in der Weise ausgeführt, daß man einen Probircentner = 3,75 Grm. Probemehl zu unterst in eine Bleitute, Fig. 190 (Freiberg, Przibram) oder Fig. 191 *a* (Oberharz, Tarnowitz) schüttet, darauf je nach der Reichhaltigkeit ein Stückchen starken Eisendraht von 10 bis 30 Pfd. Gewicht ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Zoll lang und 2 bis 2$\frac{1}{2}$ Linien dick) legt, darüber etwa 3 Ctnr. schwarzen Fluß, oder 2$\frac{1}{2}$ Ctnr. eines Gemenges von Potasche und Mehl ausbreitet, dieses noch mit 30 bis 40 Pfd. Borax und 60 bis 70 Pfd. Glas bedeckt und zu oberst eine Kochsalzdecke von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke giebt. Sind im Erze fremde Schwefelungen, Antimon- oder Arsenverbindungen vorhanden, so wird das Erz vor dem Beschicken wohl etwas abgeröstet.

In Przibram beschickt man bei glanzigen Erzen $\frac{1}{2}$ Probircentner = 5 Grm. mit 115 bis 120 Pfd. schwarzem Fluß (2 Th. Weinstein und 1 Th. Salpeter), 10 bis 12 Pfd. Borax und 18 bis 20 Pfd. Eisendraht; von blendigen Erzen nimmt man auf $\frac{1}{2}$ Ctnr. Probemehl 200 Pfd. schwarzen Fluß, 10 bis 12 Pfd. Borax und 20 bis 25 Pfd. Eisendraht. Auf den Boden der Bleitute thut man immer etwas Weinstein und unter das als Decke dienende Kochsalz 2 bis 3 Proc. Salpeter, um dasselbe leichtflüssiger zu machen und das sich verflüchtigende Blei durch Orydation zurückzuhalten.

Man schmilzt die Proben entweder im Windofen oder im Muffelofen. In ersterem Falle setzt man die mit einem Deckel versehenen und mittelst einer 3 bis 3$\frac{1}{4}$ Fuß langen Kluft, Fig. 194, gefaßten Tuten auf Käsen ein, giebt den Ofen voll Kohlen und läßt dieselben sich von oben nach unten entzünden oder man wendet einen Steinkohlenofen an. Nach $\frac{3}{4}$ bis $\frac{5}{4}$ Stunden, wenn die Kohlen niedergegangen sind, nimmt man die Proben heraus. Beim Schmelzen im Muffelofen legt man bis zur Mitte der Tuten glühende Kohlen und schmilzt nach dem Aufhören der Gasentwicklung (Abflammen) noch etwa $\frac{1}{2}$ Stunde in starker Rothglühhitze.

Fig. 194.



Man läßt die Tuten ruhig erkalten, entschlackt die Bleikönige, plattet sie zur Entfernung etwa anhaftenden Schwefeleisens aus und wägt sie. Die Probe ist als gerathen anzusehen, wenn Probe und Gegenprobe stimmen, das Blei zu einem Korne zusammengegangen und die Schlacke gut geflossen ist. Durch einige Hammerschläge läßt sich der Eisendraht vom anhaftenden Blei trennen.

Bei dieser Probe wird das Schwefelblei durchs Eisen entschwefelt und diese Wirkung durch das Alkali befördert. Die Kohle verhindert eine Orydation des Bleies und reducirt das Alkali, trägt somit auch zur Entschwefelung bei, indem das gebildete Kalium zum Schwefel sehr verwandt ist. Ein anderer Theil des Alkalis veranlaßt in Gemeinschaft mit dem Borax und Glase die Verschlackung der im Probirgute enthaltenen Erden und Metalloryde. Außer Silicaten enthält die Schlacke auch Schwefelsalze, namentlich Schwefelkalium, Schwefeleisen. Die leichtflüssige Kochsalzdecke verhindert, daß Bleikügelchen am Rande des Gefäßes hängen bleiben, und hält den Zutritt der Luft ab.

Dieses Probirverfahren ist sehr einfach, leicht auszuführen und gestattet das beste Bleiausbringen. Aus Bleiglanz mit 86,5 Proc. Blei erhält man bis 84,85 Proc. Blei; bei unreineren Erzen kann jedoch der Bleiverlust auf 10 Proc. und mehr steigen. Die Probe läßt sich im Wind- und Muffelofen ausführen, es gehen aber bei der Größe der Schmelzgefäße nicht viel Tuten auf einmal in den Ofen. Bei einem Gehalt des Probirgutes an Schwefelungen des Kupfers, Antimons und Arsens gehen diese Metalle zum großen Theil ins Bleikorn.

Man wägt in Freiberg die Bleikörner bis auf 1 Pfd. aus und giebt den Gehalt von 5 zu 5 Pfd. durch alle Gehaltsstufen an. Bei einem Antimongehalt verfährt man auch wohl so, daß man die Probe ohne Eisen auf antimonhaltiges Blei verschmilzt und ein erfahrungsmäßiges Remedium von 10 bis 15 Proc. abzieht. In Przibram ist gestattet eine Differenz

von 2 Pfd. bei einem Bleigehalt bis 30 Pfd.
„ 4 „ „ „ „ von 30—50 Pfd.
„ 6 „ „ „ „ über 50 Pfd.

Das Blei wird bei der Schiedsprobe bis auf $\frac{1}{2}$ Pfd. ausgewogen.

Auf manchen Hüttenwerken in Frankreich, Belgien, Westphalen &c. findet eine Modification dieses Verfahrens in der Weise Statt, daß man größere Mengen Probirgut (25 bis 50 Grm. und mehr) in schmiedeeisernen Tiegeln mit schwarzem Fluß schmilzt. Auf den Boden des etwa 3 Zoll hohen und 2 bis $2^1/_2$ Zoll weiten Tiegels, welcher vorher rothglühend gemacht ist, thut man 12 bis 15 Grm. Flußmittel (Potasche, Soda oder ein Gemenge von 2 Th. Salpeter, 3 Th. Weinstein und 1 Th. Borax), darauf 25 bis 50 Grm. Probegut und zu oberst eine Lage Glaspulver oder Seesalz. Man schmilzt 1 bis 4 Proben in einem Windofen bei Kohks oder Holzkohlen etwa $^1/_4$ Stunde lang und entleert alsdann den Inhalt des Tiegels auf ein Gießblech oder in eine conische Form mit der Vorsicht, daß mittelst eines Holzspans die Schlacke zurückgehalten wird. Diese schmilzt man nochmals 10 bis 12 Minuten mit Potasche um und gießt aus. Ein Tiegel kann öfters benutzt werden.

Zu Tarnowitzer Hütte in Oberschlesien wendet man diese Probe für Erze an, welche nach der Taxe angekauft werden; man schmilzt 50 Gramm Bleierz mit schwarzem Fluß im schmiedeeisernen Tiegel und treibt das erfolgende Korn auf Silber ab. Die beim Hüttenproceß erfolgenden Zwischenproducte werden in Quantitäten von 2 bis 3 Gramm mit schwarzem Fluß und Eisen wie auf dem Oberharze in Bleischerben geschmolzen.

Dieses Verfahren führt rasch zum Ziel, giebt gute Resultate hinsichtlich des Bleiausbringens, da sich bei der größeren Menge Probirgut der Bleiverlust auf eine größere ausgebrachte Bleimenge vertheilt, gestattet aber nicht, daß viele Proben zu gleicher Zeit angestellt werden. Man bringt aus reinem Bleiglanz 84 bis 85 Proc. Blei aus.

Ein Schmelzen mit schwarzem Fluß allein, ohne Eisen, wie dasselbe auf einigen Hütten ausgeführt wird, gestattet ein weniger gutes Ausbringen an Blei, weil viel Blei in den Schwefelsalzen in der Schlacke zurückbleibt.

b) Potaschenprobe. Bei diesem früher auf den Oberharzer Silberhütten gebräuchlichen Verfahren wird 1 Probircentner = 5 Grm. Bleiglanzschliech mit dem dreibis vierfachen Gewichte gereinigter Potasche in einem kleinen Thontiegel, Fig. 191, von etwa 2 Zoll Höhe und $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Zoll lichter Weite mit einem Spatel innig gemengt, mit einer etwa $^1/_4$ Zoll starken Lage Kochsalz bedeckt und in der völlig geheizten Muffel eines Holzkohlenprobirofens bis zum vollständigen Schmelzen (etwa eine halbe Stunde) bei mit Holzkohlen geschlossener Muffelmündung und geöffneten Zügen erhitzt. Dabei oxydirt, während die Kohlensäure entweicht, das Kali einen Theil des Schwefels im Bleiglanz unter Bildung von schwefliger Säure und schwefelsaurem Kali, während das reducirte Kalium einen anderen Theil des Schwefels unter Bildung von Schwefelkalium aufnimmt. Es würde auf diese Weise der ganze Bleigehalt abgeschieden werden können, wenn nicht das Schwefelkalium die Neigung hätte, sich mit einem Theil Schwefelblei zu einem Schwefelsalz zu verbinden, welches in der Schlacke bleibt. Man kann deshalb durch ein bloßes Zusammenschmelzen des Bleiglanzes mit Potasche den ganzen Bleigehalt nicht ausscheiden, denn es giebt

$$4(KO.CO_2) + 7\,PbS$$
$$= 4\,Pb + 3(KS + PbS) + KO.SO_3 + 4\,CO_2.$$

Um den Bleigehalt des Schwefelsalzes noch zu gewinnen, erniedrigt man durch Schließen der Züge 10 bis 15 Minuten lang die Temperatur (das Abdampfen oder Kaltgehen) und läßt während dieser Zeit Luft durch die geöffnete Muffelmündung zu den Proben treten, wobei, wenn man die Zeit des Kaltgehens richtig trifft, sich aus dem Schwefelsalz (Schwefelkalium, Schwefelblei) schwefelsaures Kali und so viel schwefelsaures Bleioxyd bildet, daß beim nachherigen Heißthun (10 bis 15 Minuten lang) bei geöffneten Zügen und geschlossener Muffelmündung durch Einwirkung des schwefelsauren Bleioxyds auf noch unzersetztes Schwefelblei metallisches Blei entsteht:

$$PbS + PbO.SO_3 = 2\,Pb + 2\,SO_2.$$

Läßt man zu lange heiß gehen, so bildet sich zu viel schwefelsaures Bleioxyd im Verhältniß zum Schwefelblei und durch Einwirkung beider auf einander entsteht leicht verschlackbares Bleioxyd:

$$PbS + 3(PbO.SO_3) = 4\,PbO + 4\,SO_2.$$

Bei zu früher Unterbrechung des Abdampfens erzeugt sich Unterschwefelblei, welches ebenfalls in der Schlacke bleibt:

$$2\,PbS + PbO.SO_3 = Pb_2S + 2\,Pb + 2\,SO_2.$$

Dieses Probirverfahren erfordert im Vergleich mit dem ersteren mehr Uebung und Aufmerksamkeit des Probirers wegen der richtigen Zeit des Kaltgehens und man bringt danach 2 bis 3 Proc. Blei weniger aus. Man kann aber bei der minderen Größe der Probirgefäße viel Proben auf einmal in den Ofen setzen. Bei einem mit anderen Schwefelungen, wie Schwefelantimon, Schwefelkupfer &c. verunreinigten Bleiglanz werden diese Schwefelungen durch das Kali allein weniger zersetzt, als bei der ersteren Probe, wo gleichzeitig Eisen mitwirkt.

Das Bleikorn befindet sich bei einer gut gerathenen Probe unter der gut geschmolzenen Schlacke als geschmeidiger König von bleigrauer Farbe ohne Metallglanz. Ein blankes Korn deutet auf eine zu hohe, von Metallverlust durch Verflüchtigung begleitete Hitze beim letzten Heißthun. Hat man die Probe nicht lange genug abdampfen lassen, so ist das Korn mit einer spröden dunkeln Lage von Unterschwefelblei umgeben.

Man wog die Bleikörner auf den Oberharzer Hütten bis auf einzelne Pfunde aus und es war dabei eine Differenz bis 5 Pfd. gestattet.

2) Probirmethoden für geschwefelte Bleierze, welche viel fremde Schwefelungen beigemengt enthalten.

Für derartige Bleiverbindungen eignen sich die im Vorhergehenden aufgeführten Probirmethoden nicht, weil die fremden Schwefelungen durch die Alkalien und das Eisen zerlegt werden, ihr Radical in das Bleikorn geht und eine reichliche Bildung von Schwefelsalzen stattfindet, welche immer viel Blei in der Schlacke zurückhalten.

Für solche Substanzen ist die Röstprobe und eine Probe auf theilweise nassem Wege mit Schwefelsäure geeignet.

a) *Röstprobe*. Diese Probe ist am Communion-Unterharze für die Bleierze des Rammelsberges in Anwendung, deren geringer Bleigehalt von 6 bis 8 Proc. durch die Anwesenheit bedeutender Mengen von Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende, Antimon- und Arsenverbindungen sowie erdiger Substanzen herabgedrückt wird. Man röstet 1 bis 2 Probircentner fein geriebenes, im Großen bereits dreimal geröstetes Erz auf mehr oder weniger flachen Röstscherben, Fig. 195, von etwa 2½ Zoll Weite und ½ bis 5/8 Zoll Tiefe während 6 und mehr Stunden vollständig ab, d. h. man erhitzt das Erz bei allmälig steigender Temperatur und bei Luftzutritt so hoch, daß keine Schmelzung eintritt, wohl aber eine oxydirende Einwirkung der Luft auf die Schwefelungen stattfinden kann, wodurch dieselben unter Entwickelung von schwefliger Säure in Oxyde umgewandelt werden. Damit dieses möglichst vollständig geschieht, dreht man die Röstscherben, auf denen das Probirgut flach ausgebreitet sein muß, öfters um ihre Axe, damit die Luft gleichmäßig einwirken kann, nimmt sie nach etwa einer halben Stunde aus dem Ofen, reibt die Proben, wenn sie zusammengesintert sein sollten, in einer gußeisernen Schale auf, röstet wieder etwa ½ Stunde, reibt wieder auf und mengt Kohlenstaub oder eine andere kohlehaltige Substanz darunter, z. B. Unschlitt (Abbrennen der Proben), und erhitzt von Neuem. Es bilden sich nämlich beim Rösten von Schwefelungen auch schwefelsaure Metalloxyde, welche man durch einen Zusatz von Kohle in der Weise zerlegen will, daß sich unter Entwicklung von schwefliger Säure wieder Schwefelungen bilden, die dann durch den wiederholten Zutritt der Luft wieder in Oxyde und schwefelsaure Salze übergehen. Nur durch wiederholtes Aufreiben und Glühen des Röstgutes mit Kohle bei allmälig gesteigerter Temperatur läßt sich der Schwefel entfernen. Die letzten Antheile davon, welche als schwefelsaure Salze im Röstpulver zurückbleiben, schafft man durch Glühen desselben mit kohlensaurem Ammoniak fort, indem sich flüchtiges schwefelsaures Ammoniak bildet. Eine gut geröstete Probe hat ein erdiges Ansehen und entläßt keinen Geruch nach schwefliger Säure mehr. Man nimmt dieselbe aus dem Ofen, läßt sie erkalten und verschmilzt sie nach gehörigem Beschicken mit geeigneten Zuschlägen auf Blei.

Fig. 195.



Wird nämlich das im Wesentlichen aus den Oxyden des Bleies, Eisens, Kupfers, Zinks ꝛc. bestehende Röstgut bei nicht zu hoher Temperatur mit reducirenden Mitteln (schwarzem Fluß) und solvirenden Zuschlägen (Borax, Glas) geschmolzen, so reducirt sich das Bleioxyd zu Blei, während die schwieriger reducirbaren Metalloxyde verschlackt werden. In zu hoher Temperatur beim Schmelzen reduciren sich letztere auch theilweise und geben ein unreines Blei. Ein Zuviel oder Zuwenig an solvirenden Zuschlägen veranlaßt eine Verschlackung von Bleioxyd oder eine Reduction der fremden Oxyde, wenn es an Verschlackungsmitteln fehlt.

Die Schmelzung wird auf die Weise ausgeführt, daß man das Röstgut mit dem drei- bis vierfachen schwarzen Fluß und dem gleichen Gewichte Borax und Glas mengt, das Gemenge in einer Bleitute, Fig. 190, mit Kochsalz bedeckt und die bedeckte Tute nach dem Durchschlagen der Flamme etwa ¼ Stunde in einem Windofen erhitzt. Bei gut gerathener Probe liegt ein geschmeidiger Bleikönig, ohne von spröden Schwefelungen umhüllt zu sein, in *einem* Korn unter der gut geflossenen Schlacke.

Diese Probe ist wegen der Röstung zeitraubend und kostspielig und ihr Erfolg unsicher, weil darauf mehrere Factoren influiren, als: gute Röstung, richtiges Beschicken und nicht zu hohe Temperatur beim Schmelzen.

b) *Probe mit Schwefelsäure*. Ein oder mehrere Probircentner fein geriebenes Erz werden in einem Digerirglase durch Königswasser zersetzt, der Inhalt des Glases unter Zusatz von Schwefelsäure zur Trockne gedampft, die trockne Masse mit einigen Tropfen Schwefelsäure angefeuchtet, mit Wasser aufgeweicht auf ein Filter gebracht und der Rückstand auf demselben gut ausgesüßt. Derselbe besteht außer aus unlöslichen Erden im Wesentlichen aus schwefelsaurem Bleioxyd, welches in Wasser sehr schwer löslich ist, während die schwefelsauren Salze der Metalle, welche mit dem Bleiglanz vorkommen, in Wasser löslich und nach dem Aussüßen des Rückstandes entfernt sind. Das Filter wird getrocknet, mit seinem Inhalte geglüht und die geglühte Masse mit schwarzem Fluß und Eisen geschmolzen. Dabei wird das aus schwefelsaurem Bleioxyd reducirte Schwefelblei durch Eisen zersetzt und es erfolgt ein Bleikorn.

Diese Probe giebt den Bleigehalt richtiger an als die vorhergehende und eignet sich auch für bleihaltige Legirungen (z. B. Werkblei, Hartblei, Kiehnstöcke, Darrlinge u. dergl.).

3) *Proben für geschwefelte Bleierze, welche sehr viel erdige Bestandtheile enthalten.*

In derartigen Verbindungen, z. B. in Fluthaftern von der Erzaufbereitung, läßt sich der Bleigehalt auf trocknem Wege entweder gar nicht oder doch nur sehr ungenau bestimmen. Ist der Bleigehalt nicht allzu gering, nicht unter ½ Proc., so erhält man dadurch wohl noch ein brauchbares Resultat, daß man mehrere Probircentner der zu untersuchenden Substanz in gewöhnlicher Weise mit Potasche oder schwarzem Fluß vermengt, oben darauf eine genau abgewogene Menge feinzertheilten Silbers (30 bis 50 Pfd.) ausbreitet, dieses mit Kochsalz bedeckt und wie gewöhnlich schmilzt. Das Mehrgewicht an Silber repräsentirt den Bleigehalt.

B. *Oxydirte Bleierze und Hüttenproducte* können auf zweierlei Art auf ihren Bleigehalt probirt werden, und zwar

1) durch Schmelzen mit Reductionsmitteln allein, wenn das Probirgut freies Bleioxyd (wie Glätte, Abzug, Abstrich) oder an Kohlensäure, oder an eine organische Säure gebundenes Bleioxyd (wie Weißbleierz, essigsaures Bleioxyd), oder mit fixen Mineralsäuren verbundenes Bleioxyd enthält, welche nicht reducirt werden, sondern sich direct mit dem Alkali verbinden (kieselsaures, phos-

phorsaures, wolframsaures und molybdänsaures Bleioxyd; in chromsaurem Bleioxyd wird die Chromsäure zu Chromoxyd reducirt, welches in die Schlacke geht).

Verbindungen der Art werden, mit dem drei- bis vierfachen Gewicht schwarzem Fluß oder Potasche und Mehl gemengt, in einer Bleitute unter einer Kochsalzdecke geschmolzen. Gewöhnlich genügt im Windofen eine Schmelzzeit von 13 bis 15 Minuten nach dem Durchschlagen der Flamme oder etwa $\frac{1}{2}$ Stunde unter der Muffel nach dem Abflammen der Proben. Die Schlacke muß in dünnen Fluß kommen, und da dies hauptsächlich von der Beschaffenheit der Nebenbestandtheile abhängt, so hat man danach beim Schmelzen die Höhe der Temperatur und ihre Dauer zu modificiren. Enthält das Probirgut z. B. hoch silicirte Bleischlacken, sehr strengflüssige Verbindungen, so giebt man zweckmäßig einen Zuschlag von 20 bis 50 Proc. Borax und Glas und bei sehr armen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Pfd. Blei haltigen Schlacken einen Zuschlag von 15 bis 20 Pfd. Silber zur Ansammlung des Bleies. Schwefelhaltige Schlacken werden etwas geröstet oder erhalten einen Zuschlag von 5 bis 10 Proc. Eisen. Je nach der Strengflüssigkeit der Schlacken kann das Schmelzen $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden dauern.

2) Durch Schmelzen mit Reductionsmitteln und Eisen, wenn das Bleioxyd an Schwefelsäure, arsenige Säure oder Arsensäure gebunden ist, wie z. B. im Bleivitriol, in geröstetem Bleiglanz und Bleistein, Krätz, Geschur, Bleirauch, manchen Schlacken, Flammofenrückständen 2c. Man beschickt dann mit dem drei- bis vierfachen schwarzen Fluß und 10 bis 30 Proc. Eisen; bei Schlacken genügt ein Eisenzusatz von 5 bis 10 Proc.

Bleigewinnungsmethoden. Bei der Auswahl einer Zugutemachungsmethode für ein vorliegendes geschwefeltes Bleierz kommt hauptsächlich die Beschaffenheit der dasselbe begleitenden fremdartigen Beimengungen der Qualität und Quantität nach in Betracht, wiewohl dabei auch andere Umstände, z. B. der Preis und die Qualität der zu Gebote stehenden Schmelzmaterialien 2c. mitsprechen können.

In chemischer Hinsicht und bei Berücksichtigung des Einflusses, welchen die fremdartigen Beimengungen ausüben, lassen sich folgende Fälle unterscheiden:

A. Der Bleiglanz enthält gar keine oder wenig fremde Schwefelungen und Erden, namentlich keine oder wenig Kieselerde.

Derartige Erze werden zweckmäßig geröstet, d. h. bei Luftzutritt so stark erhitzt, daß sie nicht schmelzen, wohl aber der Sauerstoff der Luft oxydirend einwirken und einen Theil des Schwefelbleies in schwefelsaures Bleioxyd und Bleioxyd verwandeln kann. Läßt man alsdann bei gesteigerter Temperatur letztere beiden Verbindungen auf den noch unzersetzten Bleiglanz einwirken, so entsteht je nach der Dauer der Röstung und der dabei angewandten Temperatur metallisches Blei (kärnthner Schmelzproceß im Flammofen und der nordamerikanische im Heerdofen) oder Blei, Unterschwefelblei, aus dem durch Abkühlung Blei aussaigert, und durch Kalk zu zerlegendes Bleioxysulfuret (englischer Flammofenproceß, Arbeit im schottischen Heerdofen) oder Blei und Bleioxyd, welches einer Reduction durch Kohle bedarf (französischer Flammofenproceß). Von besonderem Einfluß hierbei ist ein Gehalt des Erzes an Kieselerde, welche beim Rösten sich mit Bleioxyd zu einer leichtflüssigen Verbindung vereinigt, wodurch der Röstproceß gestört und in Folge dessen das Bleiausbringen vermindert wird. Ein geringer Gehalt an Schwefelungen wirkt weniger störend. Der kärnthner Flammofenproceß erfordert aus später zu erörternden Gründen fast ganz kieselerdefreie Erze, dann folgt der englische Proceß, und der französische gestattet noch ein vortheilhaftes Ausbringen bei nicht über 5 Proc. Kieselerdegehalt.

Die im Erz enthaltenen Erden concentriren sich im Gemenge mit unzersetzten Schwefelungen, schwefelsaurem Bleioxyd, Bleioxyd, Bleioxysulfuret 2c. in den Rückständen (Schlacken).

Hinsichtlich der Menge und des Bleigehaltes der letzteren leitet man den Proceß in der Weise, daß man entweder langsam bei niedriger Temperatur auf einem Heerd mit großer Oberfläche röstet, dann die Temperatur allmälig bis zur Rothgluth bringt, bei derselben gleichzeitig, wenn die Reaction des Oxydirten aufs Geschwefelte vor sich geht, die Röstung fortsetzt, die Reactionen ein- oder zweimal wiederholt, dann die noch reichen gefritteten Rückstände auszieht und sie mit passenden Zuschlägen im Flammofen durchsetzt, wo man dann das beste Bleiausbringen hat (Bleiberg, Corphalie und Prayon in Belgien); oder man röstet langsamer und wiederholt die Reactionen öfter, wobei zuletzt durch Kohle zu zerlegende oxydische Producte entstehen, die man im Flammofen selbst möglichst zu erschöpfen sucht, so daß nur wenig Rückstände entstehen (Bleiberg in Kärnthen, Poullaouen in Frankreich, Holzappel, Spanien); oder man röstet rasch bei hoher Temperatur, läßt mehrere Reactionen, wobei man gebildete Oxysulfurete durch Kalk zerlegt, folgen und schmilzt die in geringerer Menge als im ersteren Falle erfolgenden mittelreichen Rückstände in einem Heerdofen (Flintshire in England) oder in einem Schachtofen (Tarnowitz).

Enthält der Bleiglanz Weißbleierz, so röstet man bei hoher Temperatur, läßt eine kürzere oder längere Reactionsperiode folgen, bringt die dabei bleibenden Rückstände zum Sintern und verschmilzt sie im Schachtofen (Derbyshire, Binsfeld-Hammer bei Stolberg).

Wie Erfahrungen ergeben haben, bringt man das meiste Blei aus, wenn man dem Erz einen Theil Blei im Flammofen, einen anderen durch Verschmelzen der Rückstände im Schachtofen zu entziehen sucht. Der Bleiverlust steigt, wenn man möglichst viel Blei gleich im Flammofen erstrebt; die zuletzt gewonnenen geringen Bleimengen stehen dann nicht mehr im Verhältniß zu den im Anfange erfolgenden. Nur bei antimonhaltigen Erzen vermeidet man eine zu niedrige Rösttemperatur, um die Bildung eines antimonhaltigen Steins zu vermeiden, indem das Antimon bei höherer Temperatur wegraucht.

Da sich Schwefelsilber schon bei niedriger Temperatur zerlegt und sein Metall abgiebt, so sind, wie Fallize gezeigt hat, die bei der ersten Reaction erhaltenen Bleie selbst bei armen Erzen so silberreich, daß sich das Silber daraus direct oder nach vorherigem Pattinsoniren ge-

winnen läßt. Ein Goldgehalt des Erzes verhält sich ähnlich, wenn sich das Gold im metallischen Zustande befindet. Es ist diese Entsilberungsmethode auf mehreren belgischen und englischen Hütten ausgeführt, indem man die Bleie von den verschiedenen Abstichen separirt hält und sie dann ihrem Silbergehalt entsprechend pattinsonirt.

Die hierher gehörigen Schmelzprocesse gestatten die Anwendung roher Brennmaterialien und liefern, weil sie keine sehr hohen Temperaturen erfordern, meist mit geringerem Verlust ein reineres Blei, indem fremde Metalle weniger reducirt werden.

B. Der Bleiglanz enthält neben mehr oder weniger Erden keine oder nur wenig fremde Schwefelungen. Derartige Erze, welche sich wegen zu bedeutenden Erdengehalts für den Flammofenproceß nicht mehr eignen, verschmilzt man in Schachtöfen und bewirkt die Abscheidung des Schwefels vom Blei durch Zuschläge von metallischem Eisen oder eisenhaltigen Substanzen (Niederschlagsarbeit), wobei sich neben Blei Schwefeleisen erzeugt, welches bei seiner großen Neigung, Schwefelsalze zu bilden, stets Schwefelblei zurückhält und den sogenannten Bleistein bildet.

Die im Erze enthaltenen Erden bilden unter Aufnahme von mehr oder weniger Metalloxyden eine Schlacke. Kämen mit dem Bleiglanz viel fremde Schwefelungen vor, so würden dieselben durch das Eisen theilweise zerlegt werden und ihre Radicale das Blei verunreinigen. Bei einem bedeutenderen Aufwand an Eisen würde dann auch der Stein reicher an Schwefelblei ausfallen.

Die Niederschlagsarbeit wird unter Andern ausgeführt auf dem Oberharze, auf der Victor-Friedrichs-Hütte am Unterharze, zu Tarnowitz in Schlesien, zu Ems im Nassauischen u. a.

C. Der Bleiglanz enthält neben mehr oder weniger Erden viel fremde Schwefelungen beigemengt. Aus derartigen Erzen muß der Schwefel durch Röstung entfernt werden, wobei man Metalloxyde bilden will. Werden dieselben in einem Schachtofen bei nicht zu hoher Temperatur mit solvirenden Zuschlägen (sauren Schlacken) einem reducirenden Schmelzen unterworfen, so reducirt sich das Bleioxyd, während die anderen schwerer zu reducirenden Oxyde (Eisenoxyd, Zinkoxyd, Antimonoxyd u. s. w.) verschlackt werden. Selbst bei ganz richtig getroffener Beschickung läßt sich der Proceß nicht so ausführen, wie die Theorie es verlangt. Es reduciren sich stets fremde Metalloxyde und ihre Radicale gehen ins Blei, während ein Theil des letzteren stets verschlackt wird. Neben Blei und Schlacke bildet sich bei diesem Schmelzen auch Bleistein in Folge der im Großen nicht zu erreichenden vollständigen Röstung. Es bleiben im Röstgute unzersetzte Schwefelungen zurück und es bilden sich schwefelsaure Salze, welche, beim Schmelzen zu Schwefelmetallen reducirt, sich mit ersteren zu Bleistein vereinigen. Enthielten die Erze Antimon- und Arsenverbindungen, so scheiden sich diese beim Schmelzen separirt zum Theil als Speisen ab. Die Schmelzproducte lagern sich in folgender Reihenfolge über einander ab: Blei, Speise, Stein und Schlacke.

Dieser Schmelzproceß, Röstreductionsarbeit oder ordinäre Bleiarbeit genannt, welcher z. B. am Communion-Unterharze in Ausführung steht, ist umständlich und seine Resultate sind wegen des unsicheren Ausfalles der Röstung schwankend. Gleichzeitig resultirt ein unreines Blei bei nicht unbedeutenden Bleiverlusten.

Man hat diesen Proceß bei Erzen, welche nicht allzuviel Schwefelungen enthalten, aber doch zur reinen Niederschlagsarbeit nicht taugen, dadurch zweckmäßig modificirt, daß man die gerösteten Erze mit Eisen oder eisenhaltigen Producten und solvirenden Zuschlägen verschmilzt (vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit), z. B. in Freiberg, Przibram, Schemnitz, Holzappel, Müsen, Joachimsthal, Pontgibaud, Stolberg u. a.

D. Oxydirte Bleierze, wohin hauptsächlich das Weißbleierz gehört, bedürfen eines reducirenden Schmelzens bei Zuschlag von Solvirungsmitteln für die meist beigemengten Erdarten.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, sind die Bleihüttenprocesse um so einfacher, je reinere Erze verhüttet werden. Fremde Beimengungen veranlassen die Bildung von unreinem Blei und führen Bleiverluste herbei. Diese können dadurch aufgewogen werden, daß die beigemengten Metalle nutzbar sind, wie Gold, Silber und Kupfer. Dieselben vertheilen sich in verschiedenen Verhältnissen in die einzelnen Schmelzproducte und zu ihrer Gewinnung sind oft complicirte Processe erforderlich.

Bleihüttenproducte. Bei dem Bleierzschmelzen können sich nachstehende Producte erzeugen:

A. Silberarmes Blei, dessen Silbergehalt die Kosten der Entsilberung nicht lohnt. Dasselbe erfolgt gewöhnlich beim Verschmelzen der reinen Bleiglanze in Flammöfen und Heerdöfen, seltener beim Schachtofenschmelzen (Tarnowitz).

Das Blei ist entweder hinreichend rein, um sogleich in den Handel zu gehen, oder dasselbe muß bei einem Gehalte an Antimon, Kupfer, Zink, Eisen 2c. zuvor raffinirt werden (England, Freiberg). Man schmilzt das Blei in einem Flammofen ohne oder mit Zuleitung von schwacher Gebläseluft ein, wobei sich neben einem Theil Blei die fremden Beimengungen oxydiren, als Kruste auf die Oberfläche des Bleibades gehen und von hier mittelst einer Krücke abgezogen werden.

Auch trägt es zur Reinigung des Bleies bei, wenn man dasselbe im flüssigen Zustande (vor dem Eingießen in die Formen) mit Holzgenist, Sägespänen u. dgl. umrührt, oder durch Eintauchen von Holzstangen polt, wobei die Unreinigkeiten auf die Oberfläche gebracht werden und sich oxydiren können. Auf diese Weise läßt sich auch das Unterschwefelblei abscheiden, welches sich oft im Flammofenblei befindet.

Man kann die Reinigung des Bleies nach dem Eingießen in die Formen dadurch fortsetzen, daß man die auf der Oberfläche sich bildende, Unreinigkeiten enthaltende Haut (Bleidreck) so lange abzieht, bis das Blei eine reine Oberfläche zeigt.

Analysen von hierher gehörigen Bleisorten:

	1.	2.	3.	4.	5.
Blei	99,9660	99,9800	99,7500	99,8400	99,8920
Antimon..	0,0260	0,0150	0,0500	0,0300	0,0610
Kupfer ...	Spur	Spur	0,2000	0,1300	0,0410
Eisen.....	0,0039	0,0008	—	—	0,0040
Zink	0,0041	0,0042	—	—	0,0020
Silber....	—	—	0,0060	0,0038	—

1) Villacher Blei nach Streng. 2) Bestes selected englisches Blei nach Demselben. 3) Englisches Blei von Rein u. Comp. nach Jordan. 4) Spanisches Blei von Blakkes u. Comp. nach Jordan. 5) Blei von Pirath und Jung nach Streng.

B. Silberhaltiges Blei (Werkblei), eine Verbindung von Blei und Silber, meist mit geringen Mengen von Kupfer, Zink, Eisen, Wismuth, Nickel, Antimon, Arsen und Schwefel, dessen Silbergehalt die Kosten der Entsilberung durch den Pattinson'schen Krystallisirproceß oder durch das Abtreiben (s. Silber) lohnt. Mit dieser Entsilberung kann eine Reinigung des Bleies verbunden sein (Pattinson'scher Proceß) oder dieselbe muß durch einen besonderen Proceß geschehen.

Analysen von Werkblei:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Blei ...	95,97—99,00	99,83	98,87	98,89	91,10	96,69	97,56
Kupfer .	0,40— 0,76	0,15	0,05	0,05	0,70	0,20	0,59
Eisen ..	0,28— 2,96	—	—	0,12	—	0,06	0,07
Antimon	0,20— 3,46	0,01	0,50	0,33	—	0,71	beim As
Zink ...	-	—	0,16	Spur	Ag	0,53	0,45
Arsen ..	—	—	—	—	6,7	1,30	1,52

1) Oberharzer Werkblei nach Jordan mit 0,11 bis 0,18 Proc. Silber. 2) Oberharzer Rastofenwerkblei nach Brüel mit 0,01 Proc. Silber. 3) u. 4) Schliechwerkblei von Lautenthaler und Altenauer Hütte auf dem Oberharze nach Franke und Kuhlemann. 5) Werkblei von Pontgibaud mit 1 Proc. Schwefel. 6 u. 7) Freiberger Werkblei nach Richter.

I. Dem Pattinson'schen Krystallisationsproceß werden am zweckmäßigsten silberärmere, reine Bleie, wie sie bei manchen Flammofenprocessen erfolgen, unterworfen (England), seltener silberreichere, unreine (Oberharz, Stolberg). Dieser Proceß besteht darin, daß man 50 bis 100 Ctnr. Blei in einem eisernen Kessel einschmilzt und die flüssige Masse einige Zeit abkühlen läßt. Es beginnt alsdann im Innern derselben eine Ausscheidung von silberärmeren Bleikrystallen, welche mit durchlöcherten Kellen von der silberreicheren Mutterlauge bis zu einer gewissen Menge getrennt werden. Dadurch, daß man die Mutterlauge sowohl, als die ausgeschöpften und eingeschmolzenen Krystalle in einer Reihe von Kesseln wiederholt krystallisiren läßt, reichert man nach der einen Seite hin den Silbergehalt im Blei an (Reichwerke) und scheidet ihn durch Abtreiben desselben ab, während auf der anderen Seite silberarmes, sehr reines Blei (raffinirtes oder doppelt raffinirtes Blei) als Handelswaare erfolgt, indem sich die Unreinigkeiten, namentlich Kupfer und Antimon, in der silberreichen Mutterlauge großentheils ansammeln.

Weniger vortheilhaft ist dieser Proceß bei unreinen und silberreicheren Bleien, weil dieselben zuvor einer Metallverluste und Brennmaterialaufwand herbeiführenden Reinigung bedürfen und die Krystallisation des gereinigten Bleies zur hinreichenden Entsilberung öfters wiederholt werden muß. Diese Reinigung besteht entweder darin, daß man das Blei in einem Flammofen bei Luftzutritt längere Zeit flüssig erhält, wobei die auf die Oberfläche gehenden Unreinigkeiten sich nebst Blei oxydiren und als Kruste abgezogen werden können (England, Freiberg, Stolberg), oder einfacher dadurch, daß man das in den Pattinson'schen Kesseln eingeschmolzene ungereinigte Blei etwas stärker erhitzt und durch eingestellte grüne Holzstangen in sprudelnde Bewegung bringt (Oberharz). Dabei kommen die Unreinigkeiten bei der rasch sich erneuernden Oberfläche mit der Luft in Berührung, oxydiren sich mit etwas Blei und geben eine pulverförmige Krätze, welche abgezogen wird und das meiste Antimon und Kupfer enthält, wie Analysen ergeben haben. Nach Entfernung der Krätze zieht man noch öfters die sich auf dem Blei bildenden kupferhaltigen Häute ab und bringt, allerdings unter Verweitläufigung des Processes, den Antimon- und Kupfergehalt im Armblei auf ein Minimum, während im Reichblei, welches zum Abtreiben kommt, mehr davon vorhanden ist.

Entfernt man den größten Theil des Kupfers und Antimons vor dem Pattinsoniren nicht, so wird nach den am Oberharze gemachten Erfahrungen das entsilberte Blei kupferhaltig und das Antimon stört den Krystallisationsproceß, indem sich die Bleikrystalle weniger gut von der Mutterlauge trennen lassen, wodurch dieselben silberreicher ausfallen. Diese Resultate stimmen nicht mit Baker's Angaben, wonach sich das Kupfer im Reichblei concentrirt.

Die Krätzen werden in einem Schachtofen verschmolzen, wobei Krätzblei und Schlacke resultiren, welches erstere dann in einer kleineren Pattinson'schen Batterie möglichst gereinigt und entsilbert wird.

Die reineren Abzüge (Bleidreck) von den letzten Kesseln, in denen die Bleikrystalle immer ärmer und reiner werden, verschmilzt man auf Frischblei.

Analysen von verschiedenen beim Pattinson'schen Processe fallenden Producten:

a. Pattinsonirtes, raffinirtes, doppelt raffinirtes Blei.

	Blei.	Antimon.	Kupfer.	Zink.	Eisen.
1)	99,907	0,053	0,026	0,011	0,003
2)	99,952	0,007	0,026	0,009	0,006
3)	99,955	0,016	0,017	0,009	0,003
4)	99,897	0,040	0,020	0,008	0,035
5)	99,935	0,017	0,026	0,009	0,013
6)	99,790	0,040	0,140	0,010 As	0,020

1) Eschweiler doppelt raffinirtes Blei nach Streng; 2) Stolberger doppelt raffinirtes Blei nach Demselben; 3) und 4) Oberharzer pattinsonirtes Blei nach Demselben; 5) desgleichen nach Eich (50 Grm. Blei wurden zur Analyse verwandt); 6) von Freiberg nach Reich.

b. Frischblei.

	Blei.	Zink.	Eisen.	Antimon.
1)	99,56	0,16	0,04	—
2)	98,75	0,13	—	0,70

1) Oberharzer Frischblei aus der Glätte vom Vertreiben von Reichwerken nach Streng; 2) Oberharzer Frischblei aus dem armen Bleidreck des 11., 12. und 13. Kessels nach Demselben.

c. Krätzblei, welches in den Handel geht, nach Streng (1) und Ulffers (2).

	Blei.	Antimon.	Kupfer.	Eisen.	Zink.
1)	99,711	0,236	0,041	0,008	0,004
2)	99,607	0,371	0,016	0,006	0,001

d. Krätzfrischschlacken.

	1.	2.
Kieselerde	33,11	18,45
Bleioxyd	29,98	58,74
Eisenoxydul	16,23	4,88
Thonerde	8,31	7,65
Kalkerde	9,07	4,63
Magnesia	1,61	0,83
Zinkoxyd	—	0,64
Antimonoxyd	1,77	1,27
Kupfer	—	Spur
Schwefel	—	2,51

1) Schlacke von der ersten Krätze nach Bruns; 2) Schlacke vom Durchstechen der zweiten Krätze nach Kuhlemann.

e. Abstrich vom Vertreiben der beim Pattinson'schen Processe erfolgten Reichwerke, nach Ernst.

Bleioxyd	67,13
Antimonoxyd	31,10
Zinkoxyd	0,38
Kupferoxyd	Spur
Eisenoxydul	Spur
Schwefel	2,23

II. Zum Abtreiben des Silbers (s. Silber) gelangen meist silberreichere Bleie, welche von mehr oder weniger fremden Metallen und Schwefelungen verunreinigt sind. Man schmilzt dabei das Blei auf runden oder ovalen Heerden eines Gebläseflammofens (Treibofens) auf einer Unterlage von Holzasche und Kalk (Aescher), Mergel oder Knochenmehl ohne Zutritt von Gebläseluft ein, wobei sich auf der Oberfläche des Metallbades eine Kruste bildet, welche dem Werkblei beigemengte Schwefelungen (Pb_4S, Pb_2S, Cu_2S, FeS, Sb_2S_3), Oxyde (PbO, CuO, Fe_2O_3, NiO, CoO, AgO), Salze (3 PbO . SbO_5, 3 PbO . AsO_5, PbO . SO_3), mechanisch eingemengtes Werkblei, Heerdmasse und außerdem alle Unreinigkeiten enthält, welche beim Auskellen der Werke aus dem Stechheerde in dieselben gekommen sind. Nachdem diese schwärzlich-graue, dunkelroth-glühende Kruste (Abzug) vom Metallbade abgezogen worden, läßt man Gebläseluft bei gleichzeitiger stärkerer Feuerung auf die Oberfläche des Bleies wirken, worauf sich alsbald auf derselben eine schwärzlich-braune, schaumige Masse (Abstrich) bildet, welche immer dichter wird und allmälig eine gelb-grünliche Farbe annimmt. Der besonders an Antimon reiche Abstrich besteht aus einem Gemenge von Bleioxyd mit verschiedenen Substanzen, namentlich mit antimonsaurem, arsensaurem und schwefelsaurem Bleioxyd, Kupferoxyd, Nickeloxyd, Eisenoxyd, Silberoxyd und wenig Schwefelungen, denen er seine dunkle Färbung verdankt. Man zieht den immer von Neuem sich bildenden Abstrich so lange vom Metallbade ab, bis er seine schlackige Natur verliert und durch die angenommene gelbe Farbe anzeigt, daß die fremden Bestandtheile meist entfernt sind und die Bildung von reinem Bleioxyd (Glätte) beginnt. Dieses wird bis zum Ende des Processes gebildet, von dem Gebläsestrom fortwährend aus dem Ofen getrieben und sammelt sich vor demselben in großen Batzen oder in eisernen Kästen an, welche von Zeit zu Zeit forttransportirt werden. Beim Erkalten werden die Glätteklumpen rissig, zerfallen und man erhält zwei Modificationen von Bleioxyd von derselben Zusammensetzung, eine gelbe in zusammenhängenden, geflossenen Stücken (Frischglätte, Silberglätte) und eine rothe als schuppiges, zerreibliches Bleioxyd (Kaufglätte, Goldglätte). Letztere geht gewöhnlich in den Handel, erstere wird zu Blei reducirt (verfrischt). Im flüssigen Zustande absorbirt die Glätte Sauerstoff aus der Luft, läßt denselben aber beim Erkalten fahren. Dadurch entstehen Spalten und Sprünge in der Masse und in diesen wird die gelbe Glätte auf mechanischem Wege in die rothe Modification umgewandelt.

Die Glätte besteht im Wesentlichen aus Bleioxyd, enthält aber zuweilen geringe Mengen von Kupferoxyd, Wismuthoxyd, Silberoxyd, Eisenoxyd, Schwefelsäure, antimon- und arsensaurem Bleioxyd und eingemengte Theile von der Heerdmasse.

Sobald die Glättebildung aufhört, tritt das vom Blei befreite Silber mit eigenthümlichem Glanze (Silberblick) zum Vorschein und wird nach dem Abkühlen in Form eines Kuchens (Blicksilber) aus dem Ofen genommen. Dasselbe enthält geringe Mengen von Blei und Kupfer, zuweilen Gold, Antimon, Arsen, Wismuth, Nickel. Zuletzt wird die mit Bleioxyd theilweise imprägnirte Heerdmasse (bleiischer Heerd) aus dem Ofen gebrochen und dabei anhaftende Silberkörner und Silberwurzeln ausgehalten.

Die Trennung des Bleies vom Silber beim Abtreiben beruht nach Vorstehendem darauf, daß bei erhöheter Temperatur sich das Blei mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, Silber aber nur wenig. Die fremden Beimengungen, namentlich Kupfer, Antimon und Arsen, oxydiren sich zum Theil früher oder mehr als das Blei und können deshalb in einem Theil der im Anfange des Abtreibens fallenden Producte (Abzug und Abstrich) entfernt werden, so daß aus der Frischglätte ein reineres Blei erfolgt.

Die beim Abtreiben erfolgenden Producte werden in nachstehender Weise weiter verarbeitet:

1) Blicksilber wird durch ein oxydirendes Schmelzen (Feinbrennen, Raffiniren) bei Zutritt von Gebläse- oder Zugluft, oder durch ein Feinschmelzen mit passenden Zuschlägen von den meist leichter oxydabeln Beimengungen, mit Ausnahme von Gold, befreit. (S. Silber.)

2) Die Bleiglätte in ihrer rothen Modification ist Handelswaare; die Frischglätte vom Anfange (schwarze Glätte) und vom Ende des Abtreibeprocesses (Vorschläge) wird, erstere wegen ihrer Unreinheit, letztere wegen ihres oft bedeutenden Silbergehaltes, bei den Bleiarbeiten wieder zugeschlagen und nur die mittlere Glätte in Schacht-, Flamm- oder Heerdöfen zu Blei reducirt (verfrischt).

Die Zusammensetzung verschiedener Glättesorten ergiebt sich aus nachstehenden Analysen:

	Bleioxyd.	Kupferoxyd.	Eisenoxyd.	Zinkoxyd.	Silberoxyd.	Wismuthoxyd.	Antimonoxyd.	Arsenige Säure.	Kieselsäure.	Kohlensäure.	Kalkerde.
1)	96,21	0,82	0,41	1,31	0,003	—	—	1,21	—	—	—
2)	—	0,76	—	—	—	—	0,14 (Antimonoxyd und arsenige Säure)		—	—	—
3)	—	0,95	—	—	—	—	1,56 (Antimonoxyd und arsenige Säure)		—	—	—
4)	96,35	1,35	0,66	—	—	—	—	—	0,45	2,70	0,49
5)	94,68	0,59	0,59	—	—	—	—	—	0,59	2,00	—
6)	99,69	0,04	Spur	—	—	—	0,02	—	—	—	—
7)	58,13	2,28	—	—	0,71	35,25	—	—	3,75	—	—
8)	97,11	0,18	0,19	0,07	—	0,15	1,50	—	0,80	—	—
9)	97,72	0,13	0,39	—	0,004	—	NiO = 0,10		0,10	—	0,75

1) bis 3) Freiberger Frischglätte nach **Kersten** und **Plattner**; 4) rothe Glätte ebendaher nach **Rammelsberg**; 5) schwarze Glätte desgl.; 6) Rastofenglätte von Clausthaler Hütte im Oberharz nach **Brüel**; 7) letzte Glätte von einem Reichtreiben zu Oker am Unterharz nach **Ulrich**; 8) letzte Glätte von Lautenthaler Hütte im Oberharz nach **Franke**. 9) Von Przibram nach **Mrázek**.

Bei dem **Frischen der Glätte** erfolgen nachstehende Producte:

a. **Frischblei** mit geringen Mengen von Kupfer, Antimon, Arsen, Zink, Eisen, Wismuth und Silber, von folgender Zusammensetzung:

	Blei.	Kupfer.	Antimon.	Eisen.	Zink.	Arsen.	Silber.
1)	97,72 bis 99,79	0,13 bis 2,07	0,03 bis 0,36	—	—	—	0,0032 bis 0,0098
2)	99,43	0,02	Spur	—	—	—	0,0068
3)	97,69 bis 98,51	0,06 bis 0,14	1,00 bis 1,34	0,36 bis 0,88 (Eisen und Zink)		—	—
4)	98,51	0,14	1,00	—	0,42	—	—
5)	99,647	0,122	0,225	0,005	0,001	—	—
6)	99,762	0,055	0,168	0,003	0,012	—	—
7)	99,327	0,288	0,346	0,038	0,001	—	—
8)	97,69	0,09	1,34	0,58 (Eisen und Zink)		—	—
9)	99,262	0,125	0,150	Spur	0,125	—	—
10)	98,916	0,250	—	Spur	0,391	—	—
11)	99,70	0,07	Spur	0,20 (Eisen und Zink)		—	—
12)	98,48	0,06	1,10	0,36 (Eisen und Zink)		—	—
13)	99,670	0,070	0,240	0,005	0,015	—	—
14)	98,63	1,64	—	—	—	—	—

1) Oberharzer Frischblei nach **Jordan**; 2) desgl. nach **Streng**; 3) Rastofenblei von Clausthaler Hütte nach **Brüel**; 4) Steinblei vom zweiten Durchstechen, ebendaher, nach **Streng**; 5) und 6) Frischblei ebendaher nach Demselben; 7) desgl. vom Verschmelzen kiesiger Erze nach **F. Osann**; 8) Steinblei von Altenauer Hütte nach **Streng**; 9) Frischblei von Lautenthaler Hütte nach **v. Graba**; 10) desgl. von der kupferkiesigen Schliecharbeit nach Demselben; 11) desgl. nach dem Erhöhen der Glättfrischöfen nach **Streng**; 12) Steinblei ebendaher nach Demselben; 13) Frischblei ebendaher nach Demselben; 14) Holzappler Blei nach **Bischoff**.

Ist das Frischblei noch nicht hinreichend rein, um als Handelswaare abgegeben werden zu können, so unterwirft man dasselbe noch einer **Reinigung** in nachstehender Weise:

α) Man zieht von dem flüssigen Blei im Stechheerde sowohl als nach dem Eingießen in die Formen die sich bildende unreine Oxydhaut (**Bleidreck**) so lange ab, bis das Blei mit reiner Oberfläche hervortritt (Oberharz). Kräftiger wirkt ein Umrühren des Bleies mit Holzgenist oder ein Einstellen von Holzstangen, wodurch das Blei in sprudelnde Bewegung kommt (Polen). Den Bleidreck giebt man entweder zur Bleiarbeit oder man verschmilzt ihn im Frischofen auf kupfer- und antimonhaltiges Blei (**Saigerblei**), welches nach dem Absaigern **Krätzblei** als Handelswaare und **Saigerkrätze** liefert. Diese wird bei einer passenden Blei- oder Kupferarbeit zugeschlagen.

Analysen von Oberharzer Krätzblei:

	Blei.	Kupfer.	Antimon.	Eisen.	Zink.	Silber.
1)	98,24	0,22	1,54	—	—	0,007
2)	98,30	0,16	1,20	—	0,10	—
3)	98,37	0,25	1,38	—	—	0,004
4)	97,78	0,17	1,00	—	0,23	—
5)	98,21	0,19	1,44	0,03	Spur	—

1) Von Clausthaler Hütte nach **Jordan**; 2) desgl. nach **Streng**; 3) von Altenauer Hütte nach **Jordan**; 4) und 5) von Lautenthaler Hütte nach **Streng** und **Bruns**.

β) Bei einem bedeutenden Kupfergehalt wird das Frischblei gesaigert, d. h. durch nicht allzu starkes Erhitzen das leichtflüssigere Blei vom strengflüssigeren Kupfer ausgeschmolzen, ein mit bedeutenden Verlusten verbundener Proceß (Communion-Unterharz, früheres Freiberger Verfahren). Man erhält dabei Krätz- oder Saigerblei und Saigerkrätz, welchen man einer geeigneten Kupferarbeit zutheilt. Freiberger gesaigertes Blei enthielt nach **Kersten**: 99,72 Blei, 0,11 Kupfer, 0,01 Silber, 0,01 Antimon.

Man schlägt beim Verfrischen kupferreicher Glätte auch wohl einige Procent Schwefelkies zu, wobei sich ein kupferreicher Stein bildet, den man durch Polen (Umrühren mit Holzstangen) vom Blei trennt (Freiberg).

γ) Das Blei wird in einem Flammofen bei Zutritt von schwacher Gebläseluft längere Zeit im Fluß erhalten und die an fremden Bestandtheilen reiche dabei gebildete Kruste (Raffinirgekrätz) öfters abgezogen und ins Abstrichfrischen zweckmäßig gegeben (Freiberg).

d) Der Pattinson'sche Proceß (Freiberg, Oberharz ꝛc.) läßt neben einer Reinigung des Bleies gleichzeitig noch eine Silbergewinnung aus demselben zu, sowie die Darstellung eines sehr silberarmen Bleies (Freiberger Probirblei). Dieses Verfahren zur Darstellung von Probirblei mit 0,5 Pfd.-Thln. Silber in 100 Ctnr. ist dem früher üblichen vorzuziehen, wonach man das Frischblei theilweise abtrieb, die dabei gefallene silberarme Glätte zu Blei reducirte, dieses wieder theilweise abtrieb und diese Processe so oft wiederholte, bis das gewünschte Blei erfolgte.

b) Glättfrischschlacken, durch Verbindung von Bleioxyd mit den Erden des Ofengemäuers und der Brennmaterialasche gebildet, mit oft 40 Proc. und mehr Bleigehalt und von folgender Zusammensetzung:

	1.	2.
Kieselerde	28,75	22,00
Bleioxyd	44,60	35,60
Eisenoxydul	6,87	4,20
Manganoxydul	0,42	—
Kupferoxydul	0,21	—
Antimonoxyd	0,70	—
Thonerde	8,92	5,20
Kalkerde	7,83	30,20
Magnesia	0,53	1,00

1) Frischschlacke von Clausthaler Rastofenglätte nach Brüel; 2) Schlacke vom Glättfrischen im schottischen Heerdofen zu Pontgibaud nach Berthier.

Diese Schlacken werden entweder beim Glättfrischen und bei anderen Bleiarbeiten zugeschlagen oder für sich auf Schlackenblei oder mit einem Zuschlag von Schwefelkies auf Frischblei und Bleistein verschmolzen. Die dabei fallende Schlacke kann abermals mit Schwefelkies durchgesetzt, das erfolgende Blei durch Pattinsoniren gereinigt und der Stein als Rohstein verwandt werden. Ein Schlackenblei von Altenauer Hütte enthielt nach Kerl: 98,498 Blei, 0,313 Kupfer, 0,970 Eisen, 1,192 Antimon und 0,00024 Silber.

3) Abstrich von der Mitte der Abstrichperiode wird, nachdem durch Saigern das mechanisch eingeschlossene Werkblei ausgeschieden, auf Antimonblei (Hartblei) verschmolzen; der unreine Abstrich aus der ersten und der antimonarme aus der letzten Periode dient als Zuschlag bei den Bleiarbeiten.

Analysen von Abstrich:

	Bleioxyd.	Antimonsäure.	Kupferoxyd.	Eisenoxyd.	Zinkoxyd.	Arsensäure.	Kieselsäure.	Thonerde.	Kalkerde.	Schwefel.
1)	89,2	—	—	0,6	—	5,8		4,4		—
2)	89,5	—	0,2	2,6	1,5	0,7	—	—	—	—
3)	63,6	28,6	—	—	7,0	—	1,6	—	—	—
4)	84,4	9,0	0,8	—	5,2	—	—	—	—	—
5)	68,0	14,0	Spur	4,0	—	—		14,0		—
6)	82,0	17,6	—	—	—	—	—	—	—	0,4
7)	95,5	—	0,5	0,3	1,1	2,3	—	—	—	—
8)	67,6	—	0,4	4,4	0,2	19,7		7,6		0,3
9)	88,8	—	—	—	—	6,2		5,0		—

1) und 2) Abstrich von Pontgibaud nach Rivot; 3) und 4) erster und letzter Abstrich von Poullaouen; 5) zweiter Abstrich von Holzappel; 6) gewöhnlicher Abstrich von Villeforte; 7) Abstrich von Freiberg; 8) und 9) erster und letzter Abstrich von Katzenthal.

Beim Verfrischen des Abstrichs mit passenden Zuschlägen, wie Schlacken, Schwefelkies zur Concentration des Kupfers in einem Stein ꝛc., nach vorheriger Saigerung erhält man:

a) Hartblei, Abstrichblei, Antimonblei, ein Blei, welches oft viel Antimon und Arsen, etwas Kupfer, Eisen und Zink, bisweilen auch Silber und Schwefel enthält; hart klingend, mit glänzendem silberweißen Bruche und körnigem Gefüge. Wird ohne Weiteres oder nach vorheriger Saigerung oder Raffination in einem Flammofen zur Darstellung von Buchdruckerlettern, zu Zapfenlagern, zur Schrotgießerei ꝛc. verwandt und ist wie folgt zusammengesetzt:

	Blei.	Antimon.	Arsen.	Kupfer.	Eisen. Zink.	Schwefel.
1)	91,51	5,32	1,02	0,90	0,62	0,20
2)	93,10	3,42	1,21	1,02	0,45	—
3)	81,27	16,40	—	2,29	0,04	—
4)	91,40	8,20	0,40	—	—	—
5)	95,60	2,40	—	Spur	—	—
6)	93,00	7,00	—	Spur	—	—
7)	98,90	0,10	1,00	—	—	Spur
8)	85,34	14,06	—	0,50	0,10	—
9)	83,91	16,01	—	0,04	0,04	—
10)	80,67	19,21	—	0,06	0,06	—
11)	79,36	20,57	—	0,04	0,03	—

	Blei.	Antimon.	Arsen.	Kupfer.	Eisen. Zink.	Schwefel.
12)	88,84	8,16	2,04	0,28	0,48	—
13)	81,01	17,00	—	0,13	0,22	—
14)	83,65	16,00	—	0,13	0,30	—
15)	77,75	21,27	Spur	0,16	0,42	—
16)	84,72	10,32	2,00	1,68	0,88	—
17)	82,40	10,04	3,00	2,28	1,08	—
18)	84,10	14,60	—	1,20	—	—
19)	78,60	19,90	—	1,30	—	—

1) und 2) von Freiberg nach Kersten und Lampadius; 3) von Holzappel nach Bischoff; 4) von Katzenthal; 5) von Villefort; 6) von Pezey; 7) von Pontgibaud; 8) bis 15) von den Oberharzer Hütten, und zwar 8) von Clausthaler Hütte; 9) bis 13) von Altenauer Hütte nach Biewend, Müller und Streng; 14) von Lautenthaler Hütte nach Streng; 15) von Andreasberger Hütte nach Oberbeck; 16) und 17) von Julius- und Okerhütte am Unterharz nach Müller; 18) und 19) von Okerhütte nach Ulrich, ersteres mit Holzkohlen, letzteres mit Kohks erfrischt.

b) Stein, welcher je nach seinem Kupfer-, Blei- und Silbergehalt bei passenden Arbeiten mit zugutegemacht wird.

c) Abstrichfrischschlacken, welche entweder bei anderen Schmelzarbeiten zugeschlagen oder für sich auf Schlackenhartblei, oder bei gleichzeitigem Zuschlag von Schwefelkies auf Schlackenhartblei, kupferhaltigen Bleistein und Schlacken umgeschmolzen (verändert) werden.

Analysen von Abstrichfrischschlacken:

	1.	2.
Kieselerde	20,0	38,7
Bleioxyd	Spur	16,0
Eisenoxydul	37,9	23,7
Thonerde	10,0	11,6
Kalkerde	4,4	9,0
Magnesia	—	1,0
Baryterde	17,5	—
Schwefelzink	10,2	—

1) und 2) Abstrichfrischschlacken von Pontgibaud nach Berthier.

Ulrich fand ein Schlackenhartblei vom Verschmelzen Unterharzer Abstrichfrischschlacken mit Kohks zusammengesetzt aus: 74,1 Blei, 22,9 Antimon, 2,9 Kupfer.

4) Abzug, nur bei sehr unreinen Werkbleien gebildet, wird entweder bei passenden Bleiarbeiten zugeschlagen oder, bei bedeutendem Kupfergehalt, auf Werkblei, kupferhaltigen Stein und Schlacken verschmolzen (Communion-Unterharz).

Analysen von Abzug:

	1.	2.
Bleioxyd	35,1	53,1
Antimonoxyd	4,8	0,5
Kupferoxyd	4,6	1,1
Eisenoxyd	5,4	5,4
Zinkoxyd	5,0	4,6
Arsensäure	—	3,0
Kieselsäure	5,8	—
Thonerde	0,8	—
Kalkerde	0,7	—
Blei	32,4	23,0
Schwefel	6,8	—
Kohle	—	5,6

1) Abzug von Poullaouen nach Berthier; 2) desgl. von Pontgibaud nach Rivot.

5) Heerd, mit Bleioxyd imprägnirte Heerdmasse, wird meist bei den Bleiarbeiten zugeschlagen, seltener für sich mit passenden Zuschlägen, Eisenfrischschlacken, Thon ꝛc. auf Blei verschmolzen.

Eine Schlacke vom Verschmelzen des Heerdes mit Eisenfrischschlacken zu Pontgibaud enthielt nach Berthier: 38,7 Kieselerde, 7,4 Bleioxyd, 28,4 Eisenoxydul, 2,4 Manganoxydul, 8,7 Thonerde, 12,8 Kalkerde, 0,6 Magnesia.

6) Treibofenrauch, durch Verflüchtigung des Bleies und seiner Verunreinigungen in hoher Temperatur entstanden, enthält hauptsächlich Bleioxyd und kohlensaures Bleioxyd, öfters aber auch antimon-, arsen- und schwefelsaures Bleioxyd, Aschentheile ꝛc., wie aus nachstehenden Analysen hervorgeht:

	1.	2.	3.	4.
Bleioxyd	88,2	40,0	71,2	48,3
Schwefelsaures Bleioxyd	9,0	20,0		—
Arsensäure	0,3	3,0	17,8	14,4
Antimonsäure	4,4	—		3,9
Zinkoxyd	—	—	—	25,7
Wismuthoxyd	—	—	—	0,5
Kohlensaurer Kalk	3,7	17,0	—	—
Kohlensäure	—	—	5,0	4,5
Kieselerde und Thon	3,4	20,0	4,6	—

1) Von Pontgibaud vom Gewölbe bei der Glättgasse; 2) desgl. aus dem Innern des Ofens; 3) von Villeforte; 4) von Freiberg nach Lampadius.

Der Treibrauch wird entweder in Condensationsvorrichtungen theilweise aufgefangen und auf Blei verarbeitet, auch als Bleiweiß benutzt, oder unbenutzt in die Esse entlassen, weil er sich wegen seiner hohen Temperatur und großen Zertheiltheit nur schwierig condensiren läßt.

C. Bleisteine, Bleileche sind Schwefelsalze, durch Verbindung von elektro-positiven Schwefelungen mit elektro-negativen entstanden und Schwefelungen von der Zusammensetzung RS, R_2S und R_2S_3 enthaltend. Nach Plattner bestehen dieselben in den meisten Fällen aus: n (Fe, Zn) S + m (Fe_2, Cu_2, Pb) S, enthalten außer einer geringen Menge von AgS öfters noch mehrere andere Schwefelmetalle, namentlich NiS und CoS (von welchen letzteres selbst bei Gegenwart von Arsen leichter in den Bleistein übergeht als ersteres), ferner AsS_3 und $Sb S_3$, welche mit einem Theile des Schwefelkupfers zu m Cu_2S + (As, Sb) S_3 oder auch mit einem Theile des Schwefelbleies zu m PbS + (As, Sb) S_3 verbunden sein können. Enthält die verschmolzene Erzbeschickung Arsenmetalle in größerer Menge, oder waren durch Röstung des Erzes viel basisch-arsensaure Metalloxyde entstanden, so kann in den Stein eine Speise von der Zusammensetzung $(Fe, Ni, Co)_4As$ eingemengt oder mit den Schwefelungen wirklich verbunden sein.

Analyse von Bleisteinen:

		Blei.	Eisen.	Kupfer.	Nickel.	Zink.	Silber.	Antimon.	Arsen.	Mangan.	Schwefel.	Erden.
Niederschlagsarbeit.	1)	73,346	9,814	0,396	—	0,198	0,116	0,397	—	—	15,338	—
	2)	63,00	19,00	0,20	—	—	—	—	—	—	17,50	—
	3)	41,50	34,05	0,36	—	—	0,12	0,66	—	—	23,82	—
	4)	13,65	63,14	0,88	—	—	0,03	0,13	—	—	22,01	—
	5)	8,26	58,00	0,90	—	—	0,02	2,40	—	—	31,38	—
	6)	52,27	28,32	1,42	—	1,56	—	0,31	—	—	16,12	—
	7)	36,00	33,20	Spur	—	2,50	—	5,30	—	—	22,00	—
	8)	59,33	19,60	1,10	—	0,17	—	0,13	—	—	18,92	—
	9)	53,31	21,56	0,23	—	2,24	—	0,38	—	—	19,33	—
	10)	65,78	13,03	1,15	—	0,67	—	0,18	—	—	17,27	—
	11)	60,69	20,36	1,49	—	0,55	—	0,36	—	—	16,40	—
	12)	63,787	13,721	1,533	—	2,255	—	—	—	—	18,706	—
	13)	35,68	31,55	3,79	—	—	—	1,49	1,07	0,25	23,97	—
	14)	61,71	17,91	0,77	—	1,30	—	—	—	0,18	18,13	—
Röstarbeit.	15)	25,130	33,120	12,100	—	—	0,201	—	2,450	—	19,526	—
	16)	28,26	32,04	11,31	Spur	0,82	0,20	4,753	1,70	—	21,41	—
	17)	20,250	27,051	27,614	1,010	0,231	0,117	3,21	0,650	—	21,314	—
	18)	23,288	36,017	15,277	2,329	0,136	0,121	1,005	1,248	—	19,852	—

		Blei.	Eisen.	Kupfer.	Nickel.	Zink.	Silber.	Antimon.	Arsen.	Mangan.	Schwefel.	Erden.
	19)	21,816	37,202	12,944	0,544	1,439	0,099	0,849	0,731	—	22,847	—
	20)	24,80	15,20	36,20	2,64		0,16	0,718	—	—	21,00	—
	21)	9,80	44,00	27,80	4,4	1,7		—	1,1	—	11,20	—
	22)	7,10	40,10	33,2	8,2	1,1		—	1,1	—	9,10	—
	23)	8,64	44,34	17,43	—	7,76	—	2,19		—	19,64	—
	24)	79,5	12,20	—	—	1,1	—	4,2		—	2,3	—
	25)	67,0	22,4	—	—	1,1	—	4,5		—	4,0	—
Röstarbeit.	26)	91,5	1,5	—	—	—	—	—	—	—	5,0	2,0
	27)	76,0	8,0	—	—	—	—	—	—	—	12,0	4,0
	28)	51,6	24,5	3,0	—	1,0	—	1,7	—	—	16,6	0,6
	29)	85,5	0,9	3,2	—	—	—	—	—	—	10,4	—
	30)	3,5	64,0	0,8	—	—	—	—	—	—	31,6	—
	31)	62,0	2,2	18,6	—	Spur	—	—	—	—	17,2	—
	32)	49,0	3,3	27,0	—	2,3	—	—	—	—	18,4	—
	33)	19,0	26,0	17,0	—	—	—	10,5	—	—	27,5	—
	34)	66,97	15,64	0,16	—	0,43	0,11	Spur	—	—	15,95	—

1) bis 14) **Oberharzer Bleisteine**, meist derb, oft strahlig, zuweilen krystallisirt, nach **Rammelsberg** im Wesentlichen $n\,FeS + m\,PbS$, nach **Hausmann** Gemenge von Schwefelblei und Schwefeleisen, und zwar letzteres als FeS und $5\,FeS\,.\,Fe_2S_3$ (Magnetkies). 1) bis 7) von **Claustshaler Hütte**: 1) krystallisirter Schliechstein nach **Brüel**, $= FeS\,.\,Pb_2S$ nach **Rammelsberg**; 2) desgl. nach **Ohme**; 3) derber Schliechstein nach **Bodemann** $FeS\,(Fe_2S, PbS, Cu_2S)$; 4) Rastofenstein, porös, nach **Brüel** $= FeS\,(Fe_2S, Cu_2S, PbS)$; 5) desgl. nach **Bodemann** $= 2\,FeS\,.\,(Fe_2S, Cu_2S, PbS)$; 6) krystallisirter Bleistein vom Steindurchstechen nach **Joy**, nach **Rammelsberg** $= PbS\,.\,Fe_2S$; 7) derber Bleistein nach **Rivot**. 8) bis 12) von **Lautenthaler Hütte**: 8) krystallisirter Stein, nach **Bodemann** $= FeS(Fe_2S, Cu_2S, SbS_3)_2$, nach **Rammelsberg** $= 6\,FeS\,.\,5\,PbS$; 9) derber Stein $= 3\,FeS\,.\,2\,PbS$; 10) große Krystalle, nach **Bodemann** $= FeS(Fe_2S, PbS, Cu_2S)$, nach **Rammelsberg** $= 3\,FeS\,.\,4\,PbS$; 11) Krystalle nach **Brüel**, nach **Bodemann** $= FeS\,.\,8\,(Fe_2S, Cu_2S, PbS)$, nach **Rammelsberg** $= 5\,FeS\,.\,4\,PbS$; 12) Krystalle nach **Bromeis**. 13) und 14) von Andreasberger Hütte nach **Bodemann** und **Avenarius**, ersterer nach **Bodemann** $= FeS\,(Fe_2S, PbS, Cu_2S, AgS\,.\,SbS_3, AsS_3)$.

15) bis 22) **Freiberger Bleisteine**: 15) nach **Lampadius**; 16) nach **Kersten** von Halsbrücker Hütte; 17) veränderter Bleistein von der Bleiarbeit mit Erzrohstein, nach **Rammelsberg** $= PbS + FeS\,.\,2\,Fe_2S$ oder $Pb_2S + 4\,FeS\,.\,3\,Fe_2S$; 18) desgl. von der Arbeit mit Schlackenrohstein von Muldner Hütte, nach **Plattner** $= PbS\,.\,3\,Fe_2S$ oder $Pb_2S + 2\,FeS\,.\,5\,Fe_2S$; 19) veränderter Bleistein von der gewöhnlichen Bleiarbeit von Halsbrücker Hütte, nach **Plattner** $= 2\,PbS + 3\,FeS\,.\,Fe_2S$ oder $Pb_2S + 7\,FeS\,.\,2\,Fe_2S$; 20) Kupferbleistein von Halsbrücker Hütte nach **Ihle**; 21) gewöhnlicher Kupferbleistein von Antonshütte nach **Kersten**; 22) desgl., bei Zuschlag von $3^2/_3$ Proc. Eisen zum gerösteten Bleistein erhalten.

23) Bleistein von Oker am Communion-Unterharze, nach **Ulrich** nahe $(PbS, ZnS)\,.\,(Fe_2S, Cu_2S)_3$; 24) und 25) desgl. von Pontgibaud nach **Rivot**; 26) und 27) desgl. von Pezey, ersterer im schottischen Ofen, letzterer im Krummofen erzeugt; 28) desgl. von Villeforte; 29) und 30) desgl. von Poullaouen, ersterer vom Flammofen, letzterer aus dem Krummofen; 31) und 32) desgl. von Holzappel vom Erz- und Steinschmelzen; 33) desgl. von Emser Hütte; 34) Bleistein von Claustshaler Hütte, erzeugt bei einem Versuche, den gerösteten Bleiglanz mit Eisenfrischschlacken zu verschmelzen, nach **Streng** $= 5\,PbS\,.\,2\,Fe_2S$ oder $2\,PbS\,.\,Fe_2S$.

Je nach ihrem Gehalte an nutzbaren Metallen (Silber, Kupfer, Blei, Nickel) werden die Bleisteine auf verschiedene Weise zu Gute gemacht. Seltener wird der Stein abgesetzt (Tarnowitz); meist wird er zur Ausziehung eines Theiles Bleies und Silbers, zur Concentration des Kupfergehaltes und zur Benutzung des darin enthaltenen Eisens für sich im ungerösteten Zustande mit bleiischen Producten verschmolzen (Veränderung des Bleisteins in Freiberg), oder im gerösteten oder ungerösteten Zustande beim Erz- und Abgängeschmelzen zugeschlagen (Commern, Emserhütte, Victor-Friedrichs-Hütte, Sala, Tarnowitz, Communion-Unterharz), oder im gerösteten Zustande mit bleiischen Producten und Entschwefelungsmitteln (oder ohne letztere) zu wiederholten Malen durchgeschmolzen (Steindurchstechen am Oberharze und theilweise am Communion-Unterharze, Holzappel, Freiberg, Joachimsthal, Schemnitz, Müsen etc.). Die bei diesem Schmelzen erfolgenden Producte sind Werkblei, Kupferbleistein, zuweilen Speise und Schlacken. Das **Werkblei** (Steinwerke) pflegt reicher an Kupfer und Antimon zu sein als das Werkblei vom Erzschmelzen und giebt deshalb beim Abtreiben unreinere Producte.

Der **Stein** wird entweder nur auf Kupfer, oder zugleich auch auf Silber weiter verarbeitet, sowie die **Speise** zuweilen auf Silber, Nickel etc. Die **Bleisteinschlacken** setzt man ab oder schlägt sie bei passenden Schmelzarbeiten zu, um ihren Metallgehalt noch theilweise auszuziehen oder sie als Solvirungsmittel zu benutzen. Dieselben sind meist basischer als die Erzschlacken und können noch Kieselsäure aufnehmen. Die Oberharzer Bleisteinschlacken sind Gemenge von Singulo- und Bisilicaten, nach **Plattner** von der allgemeinen Zusammensetzung:

$$m\,[(PbO, CaO, MnO, KO)_3\,.\,2\,SiO_3] + n\,(3\,FeO\,.\,SiO_3) + Al_2O_3\,.\,SiO_3$$

oder wenn man annimmt, daß 2 Atom Kieselsäure durch 3 Atom Thonerde vertreten sind, so resultirt die Formel:

$$2\,RO\,(SiO_3\,.\,Al_2O_3)$$
$$\text{oder } 3\,RO\,(SiO_3\,.\,Al_2O_3)_2 + 3\,RO\,(SiO_3\,.\,Al_2O_3).$$

Analysen von Bleischlacken:

	Kieselerde.	Thonerde.	Kalkerde.	Eisenoxydul.	Bleioxyd.	Kupferoxydul.	Manganoxydul.	Zinkoxyd.	Antimonoxyd.	Magnesia.	Kali.	Schwefel.
1)	32,34	5,06	2,07	43,90	10,01	0,05	1,20	—	—	—	0,05	—
2)	33,58	4,46	3,57	44,44	6,19	—	Spur	—	—	—	0,05	—
3)	39,79	Spur	2,12	46,44	9,17	—	—	—	—	—	—	Spur
4)	33,94	3,12	6,11	37,83	18,69	—	—	—	—	0,07	—	0,21
5)	29,90	5,92	11,98	48,29	2,34	—	—	0,68	—	1,06	0,71	—
6)	34,98	4,46	7,40	44,97	7,23	—	—	1,47	—	0,70	—	—
7)	32,67	6,34	11,23	31,72	12,73	—	—	2,39	1,09	1,38	—	—
8)	35,78	9,98	11,87	30,32	6,71	—	—	3,20	—	2,13	—	—
9)	30,78	7,97	9,82	23,60	21,56	—	—	1,54	—	1,84	—	—
10)	33,38	6,29	13,63	25,60	17,08	—	—	0,52	—	1,39	—	—
11)	28,05		3,02	61,08	2,67	Spur	—	—	—	0,85	—	4,33

1) Oberharzer Steinschlacke mit einer geringen Menge Titansäure und 3,5 Proc. eingemengtem Schwefeleisen $= 3\,(PbO, CaO, MnO, KO)\,.\,2SiO_3 + 4\,(3FeO.\,SiO_3) + Al_2O_3\,.\,SiO_3$ nach Bodemann. 2) Desgleichen mit 8,67 Proc. eingemengtem Stein, bestehend aus: 5,69 FeS_2, 0,05 Cu_2S, 2,85 PbS, 0,08 SbS_3, 0,01 AgS. 3) Nach Rammelsberg. 4) Schlacke vom ersten Steindurchstechen auf Clausthaler Hütte nach Bierwirth. 5) Desgleichen von Altenauer Hütte, mit Salzsäure aufschließbar; spec. Gew. 3,74 bis 3,78, nach Streng. 6) Desgleichen von Lautenthaler Hütte, spec. Gew. 3,58, nach Streng. 7) Desgleichen von Andreasberger Hütte, spec. Gew. 3,81, nach Demselben. 8) Desgleichen Steinschlacke vom Schmelzen im Hohofen, spec. Gew. = 3,62 bis 3,54, nach Demselben. 9) Desgleichen vom zweiten Durchstechen im Hohofen, spec. Gew. 3,81 bis 3,92, nach Demselben. 10) Desgleichen vom Krummofen, spec. Gew. 3,74, nach Oberbeck. 11) Freiberger Steinschlacke nach Brooks.

	Blei.	Kupfer.	Eisen.	Kobalt.	Nickel.
1)	15,2	2,1	1,5	12,4	35,5
2)	10,12	1,75	34,43	8,10	23,72
3)	10,10	1,25	51,00	—	14,90
4)	11,10	1,10	37,21	6,14	22,72
5)	26,11	44,56	5,54	1'63	0,71
6)	67,18	Spur	Spur	—	—
7)	20,69	48,10	1,20	—	0,32
8)	90,52	0,34	2,58	—	—
9)	9,13	23,62	2,51	—	34,34
10)	86,74	7,78	1,37	—	0,28
11)	0,60	5,68	68,03	1,67	6,51

1) Bleispeise von Freiberg nach Lampadius. 2) Desgleichen von Antonshütte nach Demselben. 3) Desgleichen von Halsbrücker Hütte nach Kersten. 4) Desgleichen von Antonshütte nach Demselben. 5) Unterharzer Bleisteinspeise nach Ahrend. 6) Bleispeise vom Rastofenschmelzen zu Clausthaler Hütte nach Bodemann. 7) Bleispeise von Oeblarn nach Schenzl. 8) Desgleichen von Andreasberger Hütte im Oberharz nach Bodemann. 9) Speise vom Verblasen des Kupferbleisteins zur Andreasberger Hütte nach Bruns. 10) Speise mit Krätzstein auf Andreasberger Hütte gefallen, nach Streng. 11) Unterharzer Bleispeise nach Jordan.

D. Bleispeisen. Dieselben entstehen beim Verschmelzen silber-, kobalt-, nickel-, blei- und kupferhaltiger Erze mit bleiischen Zuschlägen, bestehen hauptsächlich aus $(Fe, Ni, Co)_4As$ in sehr veränderlichen Verhältnissen der basischen Metalle und sind außerdem noch mit mehr oder weniger Schwefelmetallen von Eisen, Blei, Kupfer, Antimon, Zink und Silber gemengt oder verbunden; zuweilen auch von der Zusammensetzung $x(Fe, Ni, Co)_3As + y(Fe_2S, Cu_2S, Pb_2S)n + RS\ (SbS_3\,.\,AsS_3)$.

Die Bleispeisen werden behuf Nutzbarmachung ihres Metallgehalts im gerösteten Zustande mit Arsenkies, Schwerspath und quarzhaltigen Substanzen auf einen silber- und kupferhaltigen Stein und eine concentrirte Speise mit größerem Nickel- und Kobaltgehalt verschmolzen. Aus diesen Producten lassen sich dann auf verschiedene Weise Silber, Kupfer, Kobalt und Nickel ausziehen.

Die Zusammensetzung bleihaltiger Speisen ergiebt sich aus nachstehenden Analysen:

	Silber.	Wismuth.	Arsen.	Antimon.	Schwefel.
1)	0,1	18,7	10,3	—	3,0
2)	0,089	—	14,14	Spur	7,81
3)	0,05	—	20,10	—	1,02
4)	0,08	—	18,40	—	2,20
5)	0,13	—	12,98	5,21	2,86
6)	—	—	—	30,27	1,48
7)	Spur	2,04	0,78	21,56	1,88
8)	0,14	—	0,13	1,24	5,05
9)	—	—	27,07	5,60	0,50
10)	—	—	0,23	1,88	1,62
11)	0,003	—	5,04	3,35	7,81

E. Bleierz- oder Bleischliechschlacken, Gemenge von verschiedenen Silicaten, in deren Verbindung öfters Schwefel- und Fluormetalle, sowie auch schwefelsaure Salze eingehen. Die Schlacken von ungerösteten Erzen pflegen höher silicirt zu sein, als von gerösteten Erzen, mögen dieselben im Schachtofen oder Flammofen verschmolzen sein.

Es lassen sich unterscheiden:

1) Bleischlacken vom Flammofenbetriebe (Flammofenrückstände), Gemenge von Silicaten, Oxyden, Schwefel- und Fluorverbindungen und schwefelsauren Salzen, wie die nachfolgenden Analysen ergeben:

	Kieselsäure.	Bleioxyd.	Eisenoxydul.	Zinkoxyd.	Manganoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Baryterde.	Schwefelblei.	Schwefels. Bleioxyd.	Schwefels. Kalk.	Schwefels. Baryt.	Fluorcalcium
1)	17,0	13,0	53,5	—	—	—	—	11,5	5,0	—	—	—	—
2)	10,0	38,9	5,6	30,5	2,0	—	—	—	5,0	8,0	—	—	—
3)	24,0	26,5	14,0	27,0	—	—	—	—	5,0	3,0	—	—	—
4)	29,5	2,5	64,5	1,0	—	2,5	—	—	—	—	—	—	—
5)	35,6	0,4	42,0	20,8	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—
6)	29,4	15,6	13,4	—	—	5,7	28,4	—	5,5	—	—	—	—

	Kieselsäure.	Bleioxyd.	Eisenoxydul.	Zinkoxyd.	Manganoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Baryterde.	Schwefelblei.	Schwefels. Bleioxyd.	Schwefels. Kalk.	Schwefels. Baryt.	Fluorcalcium.
7)	27,6	11,0	26,2	3,4	4,6	1,6	—	—	4,0	—	—	—	—
8)	—	34,0	3,0	—	—	—	—	—	—	—	10,5	51,0	1,5
9)	—	—	4,5		—	—	8,0	—	—	22,0	22,5	25,0	16,0
10)	—	—	2,0	2,0	—	—	8,0	—	—	9,0	33,0	30,0	13,6
11)	—	—	15,4	7,2	—	—	16,0	—	17,6	12,0	1,6	22,0	7,2
12)	—	—	5,6	8,0	—	—	14,7	—	2,0	30,0	5,6	24,4	8,5

1) von Pezey nach Berthier; 2) von Holzappel nach Demselben; 3) von Poullaouen von blendigen Erzen nach Demselben; 4) ebendaher vom Verschmelzen der silberhaltigen rothen Erde von Huelgoat nach Demselben; 5) desgleichen bei gleichzeitig zinkischen Erzen erfolgt; 6) vom Verschmelzen von schwefelsaurem Bleioxyd zu Birmingham; 7) vom Verschmelzen phosphorsaurer und arsensaurer Bleierze von Katzenthal mit 15,0 Proc. Phosphorsäure und 4,6 Proc. Kohle in den Schlacken; 8) von Grassingtoner Erzen, bestehend aus Bleiglanz, Weißbleierz und Schwerspath ohne Zuschlag von Flußspath; 9) und 10) Schlacke von Erzen von Lee bei Matloc in Derbyshire von derselben Zusammensetzung bei Zuschlag von Flußspath; 11) und 12) ungeschmolzene Schlacke ebendaher, am Ende der Arbeit auf der Flammofensohle zurückbleibend.

Die Flammofenrückstände werden in Flammöfen, Krummöfen oder Heerdöfen mit oder ohne Zuschlag von Eisen, Quarz, Flußspath ꝛc. auf Blei verschmolzen.

2) **Bleischlacken (Gekrätz) vom Heerdofenbetriebe.** Plattner fand solches Gekrätz aus dem amerikanischen Bleiheerd zu Bleiberg in Kärnthen zusammengesetzt aus:

Kieselerde	5,26
Thonerde	1,76
Kalkerde	8,86
Magnesia	1,42
Eisenoxyd	19,50
Molybdänsäure	0,46
Bleioxyd	37,71
Zinkoxyd	19,20
Schwefelsäure	5,04

Man verschmilzt das Gekrätz nach vorheriger nasser Aufbereitung im Heerdofen oder besser mit Lehm im Schachtofen.

3) **Bleischlacken vom Schachtofenbetriebe.** Die beim Verschmelzen ungerösteter Erze fallenden Schlacken pflegen höher silicirt zu sein, als die von gerösteten Erzen; sie sind in Folge dessen strengflüssiger (saiger), fließen zäher, erstarren langsamer, zerspringen dabei weniger und sind glasartiger. So sind z. B. die Oberharzer Schliechschlacken, welche von ungerösteten Erzen bei der Niederschlagsarbeit erfolgen, Gemenge von Singulo-, Bi- und Trisilicaten, nach Plattner von der Zusammensetzung $m[(CaO, MgO, PbO)\ SiO_3] + n\ (3FeO\ .\ 2\ SiO_3) + Al_2O_3\ .\ SiO_3$. Die bei einem Versuchsschmelzen in einer Art Eisenhohofen (Rastofen) erzeugten Oberharzer Schlacken sind noch höher silicirt, in Folge dessen auch strengflüssiger und nach Plattner Gemenge von Tri- und Bisilicaten von der Formel: $m[(FeO, CaO, MgO, PbO)\ SiO_3] + n\ (3\ FeO.\ 2\ SiO_3) + Al_2O_3$.

Die **Freiberger Bleierzschlacken** vom Verschmelzen gerösteter Erze sind theils Singulosilicate, theils Gemenge von Singulo- und Bisilicaten, nach Plattner von folgender allgemeiner Zusammensetzung: $m\ [(FeO, CaO, MgO, PbO, MnO)_3\ .\ SiO_3] + Al_2O_3\ .\ SiO_3$, öfters mit mehr oder weniger $3\ (FeO, CaO, PbO, MnO)\ .\ 2\ SiO_3$ verbunden, auch mit geringen Mengen von Zinkoxyd, Kupferoxydul und Schwefelmetallen, sowie von Kali und Natron bei Anwendung von Holzkohlen zum Schmelzen. Dieselben schmelzen nach Plattner bei 1320⁰ C. Den Freiberger Erzschlacken sind in ihrer Zusammensetzung die Oberharzer Bleisteinschlacken ähnlich.

Man verwendet die Bleischlacken a) als Zuschlag bei Schmelzprocessen, um ihren Metallgehalt noch theilweise zugutezumachen, oder als Auflösungsmittel für Basen oder Kieselsäure zu dienen, oder das Schmelzen zu befördern, wenn sie leichtflüssig sind, das Durchlaufen der Schlieche im Ofen zu verhindern, das ausgebrachte Metall vor Oxydation zu schützen u. dgl. m.;

b) zu Bausteinen, und zwar eignen sich hierzu nur die glasartigen kieselerdereichen Schlacken, z. B. die Oberharzer Schliechschlacken. Basische Schlacken zerspringen leicht. Solche Steine hat man auch wohl zum Ausmauern der Schmelzöfen verwandt (Oberharz).

Die Zusammensetzung verschiedener Bleischlacken ergiebt sich aus den folgenden Tabellen:

a. Schlacken von ungerösteten Erzen.

	Kieselerde.	Thonerde.	Kalkerde.	Magnesia.	Eisenoxydul.	Manganoxydul.	Bleioxyd.	Natron.	Kali.	Arsenige Säure.	Antimonoxyd.	Schwefeleisen.	Schwefelzink.	Schwefel.
1)	53,14	2,20	5,67	0,33	33,01	—	4,31	—	—	—	—	—	—	—
2)	58,10	3,70	11,03	1,15	21,27	0,80	2,06	Baryterde. 1,90	—	—	—	—	—	—
3)	59,86	2,51	10,22	0,62	21,22	0,65	1,68	Baryterde. 0,94	—	—	—	—	—	—
4)	57,98	2,59	10,38	0,18	25,94	—	2,46	—	—	—	—	—	—	—
5)	54,48	6,60	16,16	1,71	19,42	—	1,62	—	—	—	—	—	—	—
6)	48,80	4,62	3,26	1,24	36,00	—	5,30	—	—	—	—	—	—	—
7)	53,90	4,40	5,60	1,30	32,00		4,20	—	—	—	—	—	—	—
8)	43,13	4,76	5,77	0,78	37,72	0,30	6,32	—	—	—	—	—	—	—
9)	45,00	4,62	6,31	0,75	35,83	—	7,80	0,50	—	—	—	—	—	—
10)	57,57	3,22	5,26	0,58	32,28	1,35	3,98	0,22	—	—	—	1,71	1,50	—

a. Schlacken von ungerösteten Erzen. (Fortsetzung.)

	Kieselerde.	Thonerde.	Kalkerde.	Magnesia.	Eisenoxydul.	Manganoxydul.	Bleioxyd.	Natron.	Kali.	Arsenige Säure.	Antimonoxyd.	Schwefeleisen.	Schwefelzink.	Schwefel.
11)	53,82	3,82	5,37	1,09	25,90	2,74	4,79	—	—	—	—	3,16	—	—
12)	41,90	4,09	11,64	1,36	34,82	Zinkoxyd. 2,40	2,40	—	0,60	—	—	—	—	—
13)	41,00	2,55	6,82	0,62	33,73	1,26	7,25	—	—	—	—	1,58	3,60	—
14)	41,52	10,37	5,22	0,16	35,28	—	6,59	—	0,049	—	—	—	—	2,13
15)	34,82	9,77	11,72	1,21	24,61	Kupferoxyd. 0,33	12,31	0,54	2,34	0,26	0,21	—	—	—
16)	30,04	7,96	15,93	0,97	22,66	Kupferoxyd. 0,34	14,13	0,68	3,80	0,30	0,27	—	—	—
17)	37,68	10,23	18,72	0,65	21,33	Zinkoxyd. 2,11	5,19	—	—	—	—	—	—	—
18)	47,81	7,35	12,25	1,81	23,62	Zinkoxyd. 2,13	6,85	—	—	—	—	—	—	—
19)	42,93	6,29	10,98	0,23	24,11	Zinkoxyd. 1,54	7,27	--	5,79	—	—	—	—	—

1) bis 5) Rastofenschlacken von Claustthaler Hütte nach Bodemann; 6) bis 10) Schliechschlacken von Claustthaler Hütte nach Bodemann, Rammelsberg und Ulrich; 11) und 12) desgleichen von Altenauer Hütte nach Ulrich und Streng; 13) und 14) desgleichen von Lautenthaler Hütte nach Ulrich und Streng; 15) bis 19) desgleichen von Andreasberger Hütte nach Kast und Streng.

b. Schlacken von gerösteten Erzen.

	Kieselerde.	Thonerde.	Eisenoxydul.	Manganoxydul.	Kalkerde.	Baryterde.	Magnesia.	Bleioxyd.	Zinkoxyd.	Kupferoxyd.	Kali.	Schwefelsäure.	Schwefel.	Schwefeleisen.
1)	28,54	5,40	46,10	—	8,31	1,00	Spur	4,12	3,00	Spur	—	2,43	1,00	—
2)	28,00	4,50	49,89	—	—	—	2,00	6,05	—	6,74	—	2,25	—	—
3)	30,50	5,10	55,74	2,20	—	—	—	4,00	0,85	—	—	—	—	—
4)	37,30	8,15	40,92	—	2,66	—	3,00	7,17	—	—	—	—	—	—
5)	43,26	—	46,95	Eisenoxyd. 5,62	—	—	0,45	2,00	1,91	0,25	—	—	1,26	—
6)	30,70	3,7	45,0	—	5,3	1,00	—	6,3	4,0	—	—	1,0	—	—
7)	28,50	5,4	46,1	—	8,3	1,00	—	4,1	3,1	—	—	2,5	—	—
8)	39,39	6,23	17,18	—	17,77	—	19,13	—	—	—	—	—	—	—
9)	28,14	5,78	37,23	—	7,68	—	0,63	7,35	7,60	0,50	—	—	2,47	—
10)	27,05	6,85	41,21	—	8,84	—	0,90	3,90	8,62	1,00	—	—	3,53	—
11)	27,66	6,00	50,30	—	7,72	—	1,90	2,13	3,5	--	—	—	2,23	—
12)	39,0	1,5	21,2	—	11,0	26,0	2,1	18,2	1,7	—	—	1,0	—	—
13)	40,0	1,7	18,7	—	15,0	3,2	3,2	13,1	1,5	—	—	2,3	—	—
14)	38,0	1,4	19,2	—	24,1	3,3	2,9	6,0	1,6	—	—	2,1	—	—
15)	27,0	7,6	32,0	—	13,0	—	—	18,6	--	—	—	—	—	—
16)	48,8	14,0	10,0	—	15,3	1,0	—	9,3	—	—	—	—	—	—
17)	28,5	7,0	25,0	—	24,0	—	—	3,0	10,6	—	—	—	—	—
18)	23,2	3,4	34,8	7,0	6,6	—	0,6	2,0	6,8	2,4	—	—	—	12,0
19)	25,0	1,3	24,5	8,0	4,2	—	1,0	2,0	29,0	1,0	—	—	—	4,0
20)	40,5	3,8	27,0	—	11,7	7,6	—	8,8	—	—	—	—	—	—
21)	29,8	1,4	59,4	3,6	—	—	—	Spur	—	—	—	—	—	—
22)	28,50	6,0	34,5	—	—	5,6	1,3	17,7	4,4	1,2	—	—	—	4,8
23)	33,51	6,64	54,93	--	3,41	—	0,28	2,04	0,11	—	—	—	1,53	—
24)	39,63	1,61	37,46	—	6,35	—	0,08	12,77	0,67	0,3	1,25	—	—	—
25)	31,35	1,45	39,33	--	2,14	—	0,75	4,30	9,34	—	—	—	4,44	6,78
26)	28,10	5,00	47,14	Spur	3,35	Ag 0,01	0,76	2,38	7,25	0,31	CoO u. NiO 0,17		PO_5 2,71	2,52

1) bis 8) ältere Freiberger Bleischlacken nach Lampadius, Merbach, Kersten, Erdmann und Amburger; 9) und 10) neuere Freiberger Schlacken von Halsbrückner und Muldner Hütte nach Richter; 11) Bleischlacke von Okerhütte am Unterharze nach Ulrich; 12) bis 15) Bleischlacken von Pontgibaud nach Berthier und Rivot; 16) desgleichen von Pezey in Savoyen nach Berthier; 17) von Alston Moore nach Demselben; 18) desgleichen von Ems nach Demselben; 19) desgleichen von Holzappel nach Demselben; 20) von Villeforte nach Demselben; 21) von Katzenthal mit 0,8 Proc. Phosphorsäure; 22) von Schemnitz nach Wehrle; 23) von Stolberg bei Aachen nach Streng; 24) von einem Versuche auf Claustthaler Hütte, gerösteten Bleiglanz mit Eisenfrischschlacken zu verschmelzen, nach Demselben; 25) Bleischlacke von Przibram nach Klasek. 26) Desgl. nach Mrázek.

F. Ofenbrüche, Ansätze im Schachte oder Heerde der Schmelzöfen, bestehen gewöhnlich aus Schwefelblei, enthalten aber öfters noch andere Schwefelmetalle, namentlich Schwefelzink, Schwefeleisen, Schwefelantimon, Schwefelsilber, auch wohl Oxyde und Metallsalze.

Dieselben entstehen entweder durch directe Verflüchtigung eines zusammengesetzten Körpers, z. B. Schwefelblei, oder durch Verbindung und Condensation verflüchtigter Körper an kalten Ofentheilen, oder durch Infiltration heißer Massen ins Gemäuer oder auf beiderlei Weise zugleich. Nach Plattner entstehen zinkische Ofenbrüche auf die Weise, daß der im Schmelzraum gebildete Schwefelkohlenstoff mit Zinkdämpfen im Ofenschachte in die Höhe steigt und durch die Gebläseluft in schweflige Säure und in Kohlensäure zerlegt wird. In Berührung mit Kohle verwandeln sich diese Gase in Kohlenoxydgas und Schwefeldampf, welcher letztere mit

den Zinkdämpfen Schwefelzink bildet. Der Gehalt an Schwefeleisen in Ofenbrüchen läßt sich dadurch erklären, daß, wenn man Schwefeldämpfe über schmelzendes oder schwach erweichtes Schwefeleisen leitet, geringe Mengen von letzterem mit fortgenommen werden.

Die derben oder in Würfeln mit treppenförmig vertieften Begrenzungsflächen und oft mit schönen Anlauffarben versehenen Ofenbrüche der Oberharzer Bleiöfen enthalten nach Metzger:

Schwefelblei	95,5
Schwefeleisen	3,2
Schwefelzink	Spur
Schwefelantimon	2,5
Schwefelsilber	Spur

Zuweilen sind die Krystalle mit Beibehaltung ihrer Form in Bleivitriol übergegangen.

Diese Ofenbrüche bilden sich wohl in solcher Menge, daß man dieselben von Zeit zu Zeit ähnlich wie Bleiglanz verschmilzt.

Gelblichgrüne Zinkoxydkrystalle fand Knocke in einem Lautenthaler Schliechofen. Auf Clausthaler Hütte fand Hausmann, in Ems und Holzappel Sandberger Antimonkupfernickel von der Zusammensetzung: 59,08 Antimon, 31,23 Kupfer und 9,69 Nickel.

Auf den Communion-Unterharzer Hütten setzen sich in den Bleiöfen schmutzig grüne, dichte schalige Massen (Ofengalmei) ab, welche zur Darstellung von Chlorzink und von metallischem Zink (in Westphalen) verwandt werden und nach Ahrend folgende Zusammensetzung haben: 80,29 Zinkoxyd, 8,27 Bleioxyd, 0,23 Kupferoxyd, 5,06 Eisenoxyd, 0,35 Thonerde 1,42 Kieselerde, 0,23 Kohlensäure, 0,28 Schwefelsäure, 3,21 Schwefel.

Auf der Victor-Friedrichs-Hütte im Anhaltischen bildet sich auf der Sohle der Bleiöfen ein krystallinischer Ofenbruch von gelbbrauner Farbe, welcher nach Rienecker 42,00 Kieselerde, 40,53 Eisenoxydul, 13,78 Bleioxyd und 3,54 Kalkerde enthält.

Nach Scheda enthalten Ofenbrüche von Schemnitz 2,00 Blei, 1,26 Kupfer, 4,06 Zink, 30,12 Eisen, 0,0009392 Gold, 0,028357 Silber, 15,34 Schwefel und 47,97 Erden.

G. Bleirauch, Flugstaub, Fluggestübbe, Hüttennicht. Bei den Bleiröst- und Schmelzprocessen bilden sich flüchtige Producte, welche je nach der Beschaffenheit des gerösteten Erzes oder Hüttenproductes in Bezug auf Qualität und Quantität verschieden sind und hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften sich eintheilen lassen in

1) Gase, wie schweflige Säure, Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Wassergas, Stickstoff der atmosphärischen Luft.

2) Dämpfe und zwar einfacher Körper (Schwefel, Arsen, Blei, Zink), welche sich bei Luftzutritt in der Hitze oxydiren, und zusammengesetzter Substanzen in Gestalt von Schwefelmetallen (Schwefelblei, Schwefelantimon, Schwefelarsen), Metalloxyden (Antimonoxyd, Silberoxyd, Bleioxyd), Säuren (Schwefelsäure, arsenige und antimonige Säure ꝛc.), schwefelsauren Salzen, z. B. des Bleies.

3) Pulverförmige Körper (Flugstaub) als sehr fein zertheilte Erze und Producte, welche durch Gebläse- oder Zugluft nebst Kohlentheilen mit fortgerissen werden.

Man sucht diese Substanzen meist zu condensiren, um die darin enthaltenen nutzbaren Metalle möglichst wieder zu gewinnen und ihre schädliche Einwirkung auf die Vegetation der Umgebung und auch auf den thierischen Organismus zu verhüten. Die in dem Ofenrauch enthaltenen Metalloxyde verbinden sich mit den Humusbestandtheilen der Ackererde, welche in löslichem Zustande zur Ernährung der Pflanzen dienen, und bilden damit unlösliche Verbindungen, wodurch der Humus als solcher allmälig aus dem Boden verschwindet. Doch weit schädlicher als diese Metalloxyde wirkt die schweflige Säure, indem schon $^1/_{1000}$ davon in kurzer Zeit die Pflanzen tödtet. Aehnlich wirkt die mit der schwefligen Säure gewöhnlich zugleich frei werdende wasserfreie Schwefelsäure, welche aus der Luft Wasser absorbirt und dabei weiße Nebel bildet. Die schädliche Einwirkung dieser Gasarten tritt besonders bei schwerer und feuchter Luft hervor oder wenn die Vegetabilien mit Thau belegt sind und dann von den Sonnenstrahlen getroffen werden. Von den oben aufgeführten verflüchtigten Substanzen lassen sich die gas- und dampfförmigen Säuren (schweflige Säure, Schwefelsäure) am schwierigsten condensiren, leichter die übrigen einfachen und zusammengesetzten dampfförmigen Körper (Schwefel, Arsen, Schwefelarsen, arsenige Säure, Zink, Zinkoxyd, Bleioxyd, frei und an Kohlensäure oder Schwefelsäure gebunden, Schwefelantimon, Antimonoxyd, Silberoxyd ꝛc.) und am leichtesten der Flugstaub.

a) Zur Condensation der schwefligen Säure und der Schwefelsäure hat man in Freiberg (nach Reich):

α) Die Gase durch glühende Contactsubstanzen, welche eine große Oberfläche darbieten (Quarzstücke), mit Luft hindurchgehen lassen, um die schweflige Säure in Schwefelsäure umzuwandeln. Dieses Mittel wirkt aber nicht hinreichend, es bleibt viel schweflige Säure unzersetzt.

β) Beim Durchleiten der Gase durch glühende Kohlen reducirte sich aus der Säure zwar Schwefel, allein in Folge der dabei vorhandenen zu hohen Temperatur ließ sich derselbe schwer condensiren und der Kohlenverbrauch war nicht unbedeutend.

γ) Glühender Kalk absorbirt zwar die schweflige Säure unter Bildung von schwefelsaurem Kalk und Schwefelcalcium fast vollständig, hemmt aber den bei Röstflammöfen erforderlichen Zug.

δ) Durch Schwefelwasserstoffgas wird die schweflige Säure weniger als durch Schwefelwasserstoffwasser unter Abscheidung von Schwefel zersetzt, allein man würde viel Flüssigkeit haben müssen, in welcher sich der Schwefel fast gar nicht absetzt. Statt Schwefelwasserstoffwasser läßt sich wirksamer Schwefelbaryum in Auflösung anwenden, welches sich mit der schwefligen Säure zu schwefelsaurem Baryt und Schwefel umsetzt. Ließe sich auch das Schwefelbaryum billig herstellen, so würden doch sehr umfangreiche Anlagen zur Aufstellung der Apparate erforderlich sein.

Die wirksamsten Mittel zur Beseitigung der schwefli-

gen Säure scheinen nach den bislang gemachten Erfahrungen die Anlage von Schwefelsäurefabriken oder hoher Essen und trockner Condensationscanäle zu sein (Freiberg). Durch hohe Essen werden die schädlichen Gase in so hohe Schichten der Atmosphäre verbreitet, daß sie bis zur Unschädlichkeit verdünnt sind, wenn sie die Erde erreichen.

Die Bestimmung der schwefligen Säure in einer damit geschwängerten Luft geschieht nach Reich auf die Weise, daß man die mittelst eines Aspirators angesaugte Luft durch eine Kalilösung gehen läßt und in dieser die schweflige Säure durch Jodlösung titrirt, oder nach ihrer Oxydation als Schwefelsäure bestimmt, im letzteren Falle aber die schon vor der Oxydation vorhandene und besonders ermittelte Schwefelsäure in Abzug bringt.

b) Die einfachen oder zusammengesetzten dampfförmigen Substanzen, wie Arsen und seine Verbindungen, Schwefel, Zink, Zinkoxyd, Schwefelblei, Bleioxyd, schwefelsaures und kohlensaures Bleioxyd, Schwefelantimon, antimonige Säure, Silberoxyd u. a., hat man auf verschiedene Weise zu condensiren versucht; man leitet dieselben in Flugstaubkammern oder, bevor sie in die Esse gelangen, durch lange unterirdische Canäle. Dabei läßt man die Gase diese Canäle entweder trocken passiren, oder man mischt sie mit Wasserdampf, der durch kaltes Wasser in Form eines feinen Regens condensirt wird; oder man läßt Wasser von der Decke des Canals herabträufeln und der Rauch muß in Folge angebrachter Scheidewände zwischen denselben auf- und niedersteigen; oder die Canäle enthalten mit Wasser angenetzte Substanzen, wie Kohksstücke, Heidekraut ꝛc., wodurch den durchziehenden Gasen eine große Oberfläche zur Condensation dargeboten wird. Der bei letzterer Vorrichtung gestörte Luftzug wird durch einen Ventilator oder einen kleinen Windofen an der Esse wiederhergestellt. Auch chemische Mittel, wie salpetrige Säure und Schwefelwasserstoffgas sind im Kleinen zur Zersetzung der Dämpfe angewandt worden.

Die Resultate, welche man mit diesen Mitteln erreicht hat, lassen alle noch zu wünschen übrig, und man ist vorläufig bei Flugstaubkammern über oder neben den Röst- und Schmelzöfen, sowie bei unterirdisch angelegten Verdichtungsräumen mit hoher Esse stehen geblieben. Letztere sind wirksamer als erstere, weil in denselben die Abkühlung der sich langsam fortbewegenden Gase und Dämpfe besser erfolgt.

Bei dem üblichen Rösten in Haufen und Stadeln läßt sich ein Theil der flüchtigen Bestandtheile, namentlich Schwefel, auch auf der Oberfläche der Rösthaufen (Unterharz) oder in besonderen Condensationsräumen neben dem zu röstenden Erz (steyerische, böhmische Röststadel) condensiren, allein der größte Theil der flüchtigen Röstproducte entweicht in die Luft. Man beseitigt dieselben nach in Freiberg angestellten Versuchen vollständiger dadurch, daß man das in den Stadeln befindliche Haufwerk mit Röstkläre bedeckt und die beim Rösten gebildeten Dämpfe aus dem Haufen durch Züge in einen Schacht führt, der unterwärts mit einem Canal in Verbindung steht, durch welchen die Gase und Dämpfe in eine hohe Esse geführt werden. Man umgiebt den durchbrochenen Schacht wohl mit einem Mantel von Quarzstücken oder Bruchstücken von alten feuerfesten Thonziegeln, um durch Contact den größten Theil der schwefligen Säure in Schwefelsäure zu verwandeln, welche letztere sich leichter condensirt als erstere.

Nach Fallize bringt man aus einem Bleiglanz mit 70 Proc. Blei nur 63 Proc. beim Schmelzen aus oder hat pr. 1000 Kilogr. 70 Kilogr. Verlust, wovon bei der Flammofenarbeit etwa 68, bei der Reductionsarbeit in Schachtöfen an 60 Kilogr. verflüchtigt werden, während das Uebrige in die Schlacken geht. Dazu kommen noch die Verluste bei der weiteren Verarbeitung des Werkbleies, so daß im Ganzen 10 bis 14 Proc. Blei verloren gehen, wovon an 10 Proc. auf Bleiverflüchtigung kommen.

Analysen von Bleirauch von der Röstung und Schmelzung in Schachtöfen (Nr. 1 bis 6) und Flammöfen (Nr. 7 bis 11).

	Bleioxyd.	Schwefels. Bleioxyd.	Kohlens. Bleioxyd.	Eisenoxyd.	Zinkoxyd.	Kupferoxyd.	Arsenige Säure.	Schwefels. Zinkoxyd.	Schwefelblei.	Thonerde.	Kieselsäure.	Schwefelsäure.	Schwefel.	Blei.
1)	27,9	13,0	—	3,0	49,5	—	2,1	—	—	—	—	—	—	—
2)	10,0	47,0	—	13,0	10,0	—	—	—	—	—	33,0	—	—	—
3)	66,5	—	—	—	12,0	—	1,1	—	—	—	—	17,0	—	—
4)	3,7	13,0	—	—	3,1	—	1,5	—	—	—	—	—	8,9	55,4
5)	1,5	—	—	—	95,0	—	—	—	—	—	1,5	—	—	—
6)	80,1	9,0	—	—	—	—	4,1	—	—	—	4,9	—	—	—
7)	11,0	60,0	—	12,0	15,0	—	2,0	—	—	—	—	—	—	—
8)	—	39,0	35,0	—	2,7	—	1,5	2,2	4,5	13,2		—	—	—
9)	10,2	65,6	—	3,4	13,8	—	—	—	1,4	5,6		—	—	—
10)	42,6	39,0	—	—	—	—	—	—	—	17,24		—	—	—
11)	71,2	—	—	Spur	—	0,2	—	—	—	7,2	20,6	—	—	—

1) Flugstaub aus den Halbhohöfen der Muldner Hütte zu Freiberg. 2) Absätze an dem äußeren Theile der Krummöfen zu Pontgibaud. 3) Rauch vom Gewölbe der ersten Condensationskammer daselbst. 4) Desgleichen aus der Ventilatorkammer. 5) Sublimat von der Vorwand der Halbhohöfen zu Freiberg. 6) Desgleichen von Pontgibaud. 7) Rauch von Bleierzöfen ebendaselbst nach Berthier. 8) Desgleichen von Rivot. 9) Desgleichen von Alston Moore nach Berthier. 10) Geschmolzener Bleirauch von Conflans nach Berthier. 11) Gesinterter Rauch aus den Schornsteinen der Reverberiröfen zu Redruth nach Berthier.

Von dem Rauch aus Treiböfen war S. 885 die Rede.

c) Zur Condensation des Flugstaubs, der bei Röst- und Schmelzprocessen auf mechanischem Wege verflüchtigten feinzertheilten Substanzen dienen Flugstaubkammern über oder neben den Oefen und unterirdische, mit einer Esse verbundene Canäle, welche zweckmäßig Scheidewände enthalten. Letztere Vorrichtung

ist den Flugstaubkammern vorzuziehen, dagegen aber kostspieliger. In Freiberg hat man bei den Schmelzöfen früher die Erfahrung gemacht, daß Flugstaubkammern den Zug und dadurch die Metallverflüchtigung vermehren.

Rivot fand in einem Flugstaub aus den Condensationskammern der Oberharzer Bleiöfen an geschwefelten Bestandtheilen 0,5 Antimon und Arsen, 34,8 Blei, 1,0 Eisen, 1,0 Zink, 7,8 Schwefel; an oxydirten Stoffen: 2,5 Antimon und Arsen, 18,0 Bleioxyd, 1,5 Zinkoxyd, 4,5 Eisenoxyd, 2,9 kieselsaures Bleioxyd, 7,7 Kohlensäure und Sauerstoff, 12,3 Kieselerde, schwefelsauren Baryt und Sand, und 2,5 Kohle.

H. Geschur und Gekrätz, während des Schmelzganges oder beim Ausblasen aus dem Ofen ausgeräumte Ansätze, halbgeschmolzene Massen, welche Blei im metallischen, oxydirten und geschwefelten Zustande enthalten können. Dieselben werden gewöhnlich durch mechanische Aufbereitung in den Krätzpochwerken von dem Unhaltigen möglichst befreit und als Krätzschliech für sich verarbeitet oder bei anderen Schmelzprocessen zugeschlagen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen ist in Nachstehendem von den auf verschiedenen Hüttenwerken ausgeführten Bleigewinnungsprocessen im Besondern die Rede, wobei die Classification der Processe nach der Beschaffenheit des zu verarbeitenden Erzes (S. 873) geschieht.

A. Gewinnung von Blei aus Bleiglanz, welcher wenig oder gar keine fremden Schwefelungen und Erden, namentlich keine oder wenig Kieselsäure enthält. Die für derartige Erze passenden Bleihüttenprocesse beruhen darauf, daß man den Bleiglanz bis zu einem gewissen Grade abröstet und dann den noch schwefelhaltigen Theil auf den oxydirten bei erhöhter Temperatur einwirken läßt. Je nach der Dauer der Röstung und der dabei angewandten Temperatur entstehen verschiedene Producte und ihre Erzeugung in dem einen oder anderen Falle richtet sich nach der Beschaffenheit des Erzes, namentlich nach der Größe seines Kieselerdegehaltes. Man führt den Proceß entweder ganz in Flammöfen (Kärnthner Proceß) oder ganz in Heerdöfen (amerikanische Bleiarbeit) aus, oder man combinirt Flammöfen mit Heerdöfen, indem man erstere zum Rösten und letztere zur Bleiausscheidung anwendet (schottische Bleiarbeit) oder erstere zur directen Bleigewinnung und letztere zum Verschmelzen der Rückstände (englische Methode mit Schlackenheerd). Auch wird in letzterer Absicht der Flammofen- mit dem Schachtofenbetrieb combinirt (englischer und französischer Proceß). Die Wahl der einen oder anderen Schmelzmethode hängt, außer von der Beschaffenheit des Erzes, hauptsächlich noch von Localverhältnissen, namentlich von den Materialpreisen und dem Handelswerth des Bleies ab.

Die Flammöfen, welche entweder einen stark geneigten Heerd (kärnthner Flammofen) oder einen weniger geneigten Heerd mit einem Sumpfe haben (englischer und französischer Flammofen), gestatten, im Vergleich mit den Schachtöfen, die Anwendung roher Brennmaterialien, erfordern kein Gebläse und keine kostspieligen Schmelzzuschläge, gewähren einen übersichtlichen Betrieb und lassen sich an Orten einrichten, wo Schachtofenbetrieb nicht immer geführt werden kann.

Die Auswahl der einen oder anderen Flammofenconstruction hängt hauptsächlich von der Beschaffenheit des Erzes und Brennmaterials, sowie von der Natur des auszuführenden Processes ab. Kleine Oefen gestatten eine bessere Regelung der Hitze und der Arbeit, aber keine so hohe Production, als größere. Zur Erzeugung höherer Temperaturen giebt man ihnen zweckmäßig die Gestalt der Puddelöfen, während sich in solchen für langsame Röstung das Gewölbe gleichmäßig mit der geneigten Sohle senkt.

Oefen mit einem Sumpf (England, Poullaouen, Binsfeld Hammer, Bleiberg in Preußen) lassen die Ansammlung des ganzen Bleies von einer Charge im Innern des Ofens zu, wobei eine kräftigere Reinigung des Bleies stattfindet; der das Metallbad bedeckende Stein schützt dasselbe vor Verflüchtigung, läßt sich im Stechheerd besser absondern und begünstigt beim Zurückbringen in den Ofen die Reaction. Bei Oefen mit geneigtem Heerd und ununterbrochenem Bleiabfluß (Kärnthen, Corphalie, Prayon) wird das reducirte Blei sofort dem Einfluß der Flamme entzogen und zieht man sie deshalb bei kieseligen, kiesigen und antimonhaltigen Erzen vor. Das erfolgende Blei muß, wenn es unrein, nochmals raffinirt werden. Die Oefen zu Corphalie und Bleiberg in Preußen haben 2 Roste. Die Dimensionen solcher Oefen in Metern sind nach Cahen folgende und hauptsächlich von der Beschaffenheit des Brennmaterials abhängig:

	Nouvelle Montagne.	Corphalie.	Bleiberg, alter Ofen.	Bleiberg, zweirostiger Ofen.	Binsfeld Hammer.	Flintshire.	Derbyshire.	England. Nach Rivot.	Poullaouen. Holzappel.	Bleiberg in Kärnthen.
Länge des Heerdes	2,50	4,12	2,70	4,70	3,05	3,00	3,30	3,70	3,33	3,47
Mittlere Breite des Heerdes	1,40	1,80	2,90	2,90	3,05	3,00	3,30	2,40	1,95	1,40
Länge des Rostes	1,50	1,05	2,00	2,00	1,83	1,40	1,40	1,40	1,30	1,35
Breite des Rostes	0,40	0,35	0,50	0,40	0,61	0,65	0,65	0,65	0,50	0,47
Breite der Feuerbrücke	0,40	0,45	0,60	0,60	0,71	0,80	0,35	0,46	0,56	0,30
Höhe über dem Roste	0,60	0,50	0,35	0,35	0,30	0,30	0,55	0,50	0,40	0,10
Höhe über der Sohle	0,25	0,10	0,30	0,30	0,30	0,12	0,40	0,20	0,30	0,10
Höhe des Gewölbes über der Brücke	0,20	0,17	0,30	0,30	0,30	0,50	0,40	0,40	0,30	0,25
Höhe des Gewölbes über der Brückensohle	0,38	0,27	0,60	0,60	0,55	0,62	0,80	0,60	0,60	0,60
Höhe des Gewölbes über dem Fuchs	0,38	—	0,35	0,60	0,30	0,25	0,25	0,30	0,50	0,60

In den Heerdöfen verbraucht man weniger Brennmaterial bei schnellerer Arbeit und geringeren Anlagekosten als bei Flammöfen, dagegen ist der Bleiverlust in ersteren größer. Beide Apparate verlangen aber möglichst reine, namentlich kieselerdearme Erze, wie aus der nachfolgenden Theorie der Processe sich ergiebt.

Wird Bleiglanz in gepulvertem Zustande bei Luftzutritt bis zum angehenden Dunkelrothglühen erhitzt, so erglüht derselbe in Folge einer Oxydation seiner Bestandtheile von selbst, entwickelt schweflige Säure und geht bei fortdauernder schwacher Rothglühhitze langsam in ein Gemenge von freiem Bleioxyd und schwefelsaurem Bleioxyd über.

Anfangs erzeugt sich nur Bleioxyd und schweflige Säure, letztere bildet aber nach Plattner theilweise mit dem Sauerstoff der anwesenden atmosphärischen Luft und in Berührung mit dem fein zertheilten Röstgute durch Contact Schwefelsäure, welche sich mit Bleioxyd verbindet. Bei Mangel an Luft kann die schweflige Säure dem bereits gebildeten Bleioxyd Sauerstoff entziehen, so daß sich schwefelsaures Bleioxyd und Bleisuboxyd bildet. Beide Fälle der Schwefelsäurebildung können eintreten, wenn man feingepulvertes Erz in einer starken Lage in einem Flammofen abröstet. Auf der Oberfläche findet die erstere Wirkung, im Innern der Röstpost die letztere Wirkung mit Statt. Seltener und nur bei Mangel an Luftzutritt und an solchen Metalloxyden, welche sich leicht auf eine niedrigere Oxydationsstufe zurückführen lassen, tritt der Fall ein, daß sich die schweflige Säure in Schwefelsäure und Schwefeldampf umwandelt, wodurch schwefelsaures Salz und sogar wieder Schwefelmetall gebildet werden kann. Wird Bleioxyd mit schwefliger Säure zum Glühen erhitzt, so bildet sich ein Gemenge von schwefelsaurem Bleioxyd, Bleisuboxyd und Schwefelblei.

Enthält der Bleiglanz andere Schwefelmetalle, z. B. Kupferkies, Schwefelkies, Zinkblende &c. beigemengt, so entwickelt sich, da diese Substanzen reicher an Schwefel sind als der Bleiglanz, mehr schweflige Säure und in Folge dessen entsteht durch Contact auch mehr schwefelsaures Bleioxyd als bei reinem Bleiglanz.

Das schwefelsaure Bleioxyd läßt sich nicht, wie andere schwefelsaure Salze durch erhöhte Temperatur allein in Oxyd und Schwefelsäure zerlegen. Es bringt deshalb eine Erhitzung des Röstgutes bis zur Sinterung oder zum Schmelzen weiter keine Einwirkung hervor. Sind fremde Schwefelungen im Bleiglanz vorhanden, z. B. Schwefelkies, Zinkblende, so bilden sich beim Rösten schwefelsaures Eisenoxyd und Zinkoxyd, welche beim starken Erhitzen ihre Schwefelsäure ganz oder theilweise fahren lassen. Indem dieselbe das Röstgut dampfförmig durchdringt, wirkt sie auf glühende Metalle und Schwefelmetalle oxydirend ein und verwandelt dieselben, sowie auch manche an Kohlensäure und Kieselsäure gebundene Basen in schwefelsaure Salze. Aus diesem Grunde lassen sich Schwefelungen, welche auf einer höheren Oxydationsstufe stehen, z. B. Schwefelkies, in kürzerer Zeit abrösten, als weniger geschwefelte (z. B. Schwefelzink, Schwefelblei &c.), weil erstere dabei viel Schwefelsäure bilden und weniger geneigt zur Bildung schwefelsaurer Salze sind, als letztere.

Ist in dem Röstgute Schwefelsilber enthalten, so verwandelt sich dieses beim Rösten in metallisches Silber und schweflige Säure, wenn sich nicht bei der Röstung schwefelsaure Salze bilden, welche bei höherer Temperatur einen Theil ihrer Schwefelsäure abgeben. In solchem Falle bildet sich schwefelsaures Silberoxyd, welches bei höherer Temperatur wieder in metallisches Silber und Schwefelsäure zerlegt werden kann.

Bei dem Rösten silberhaltiger Substanzen findet stets ein Silberverlust Statt, welcher, in den meisten Fällen nach Procenten berechnet, um so höher ausfällt, je lockerer das Erz bei der Röstung bleibt und je geringer der Silbergehalt in demselben ist.

Nach Plattner entsteht der Silberverlust weniger durch Fortreißen von Erztheilen auf mechanischem Wege, als durch Verflüchtigung des Silbers, und scheint ein solcher besonders einzutreten, wenn das im Erz enthaltene Silber entweder aus seiner Verbindung mit Schwefel in den metallischen Zustand übergeht oder als bereits gebildetes Oxyd in Verbindung mit Schwefelsäure wieder eine Zersetzung erleidet. Je lockerer das Röstgut liegt (z. B. Zinkblende), je länger und in je höherer Temperatur dasselbe geröstet wird, um so höher steigt der Silberverlust. Das Silber verflüchtigt sich nicht als metallisches Silber, sondern schon von schwacher Rothglühhitze an als Oxyd, welches im freien Zustande und bei niedrigerer Temperatur seinen Sauerstoff wieder abgiebt und in metallisches Silber übergeht (analog den Vorgängen beim Spratzen des Silbers). Dieses bleibt in sehr feinzertheiltem Zustande den gas- und dampfförmig frei werdenden Röstproducten, sowie den gasförmigen Verbrennungsproducten des Brennmaterials und der theilweise zersetzten atmosphärischen Luft mechanisch beigemengt und gelangt damit in die Atmosphäre, wenn keine Condensationsräume vorhanden sind. Je stärker der Luftzug, desto größer ist der Silberverlust, woraus sich erklärt, daß derselbe bei locker liegenden Substanzen (z. B. Zinkblende) steigt, deren Zwischenräume von der Luft leicht durchstrichen und die Silbertheilchen mit fortgeführt werden können. Es bedarf das Silberoxyd nicht erst der Veranlassung eines anderen dampfförmigen Körpers, um flüchtig zu werden, da es selbst flüchtig ist. Bei hoher Temperatur ist das Silberoxyd geneigt, sich mit anderen Körpern mehr oder weniger leicht zu verbinden.

Bei einem Goldgehalte der zu röstenden Erze findet ein Goldverlust nur bei sehr lebhafter Röstung auf mechanischem Wege Statt.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, läßt sich durch vollständiges Rösten aus dem Bleiglanz kein metallisches Blei abscheiden, wohl aber, wenn man in Folge unvollständiger Röstung noch Schwefelblei im Röstgute läßt und dann die Temperatur steigert. Dabei können folgende drei Fälle, durch die Anwesenheit von mehr oder weniger Kieselsäure bedingt, herbeigeführt werden.

I. Sehr reiner Bleiglanz giebt gleich großentheils metallisches Blei (kärnthner Proceß in Flammöfen und nordamerikanischer Proceß in Heerdöfen). — Man röstet möglichst reinen Bleiglanz

bei niedriger und allmälig steigender Temperatur so weit ab, daß auf 2 Aeq. gebildetes Bleioxyd und 1 Aeq. schwefelsaures Bleioxyd 1 Aeq. Bleiglanz unzersetzt bleibt. Erhöht man alsdann unter fleißigem Umwenden des Röstgutes die Temperatur (das Bleirühren), so entläßt dasselbe metallisches Blei (Jungfernblei), welches auf der geneigten Sohle des Flammofens aus dem Ofen fließt:

$$PbS + PbO \cdot SO_3 = 2\,Pb + 2\,SO_2$$
$$\text{oder } PbS + 2\,PbO = 3\,Pb + SO_2.$$

Auch wird der Bleiglanz beim Rösten theilweise in Unterschwefelblei, Pb_2S, verwandelt, welches sich mit dem schwefelsauren Bleioxyd ebenfalls zu Blei und schwefliger Säure umsetzt:

$$Pb_2S + PbO \cdot SO_3 = 3\,Pb + 2\,SO_2.$$

Während dieser Vorgänge findet aber bei dem steten Wenden des Röstgutes eine fortgesetzte Einwirkung der Luft Statt, welche den noch unzersetzten Bleiglanz immer mehr in Bleioxyd und schwefelsaures Bleioxyd umwandelt, während das Ausfaigern des Bleies nachläßt. Tritt nun gegen Ende der Periode ein Punkt ein, wo sich auf 1 Aeq. Schwefelblei 3 Aeq. schwefelsaures Bleioxyd gebildet haben, und beide wirken in erhöhter Temperatur auf einander ein, so entsteht dabei nicht mehr metallisches Blei, sondern Bleioxyd:

$$PbS + 3\,(PbO \cdot SO_3) = 4\,PbO + 4\,SO_2.$$

Durch Einmengen von Holzkohlen oder Holz in die stark erhitzte Masse (das Bleipressen) erhält man aus dem Bleioxyd noch einen Theil Blei (Preßblei), welches, weil bei höherer Temperatur dargestellt, unreiner ist als das Jungfernblei, wenn in dem Erze überall fremde Metalle vorhanden waren. Diese werden bei der nicht hohen Temperatur in der ersten Periode, beim Bleirühren, eher oxydirt und verflüchtigt als reducirt.

Dieser Schmelzproceß, welcher der kärnthner und nordamerikanischen Bleigewinnungsmethode zum Grunde liegt, gelingt nur dann in der oben angegebenen Weise, wenn man geringere Quantitäten (4 bis 5 Ctnr.) möglichst reinen Bleiglanz in einem kleinen Flammofen verarbeitet, weil man dann nur die Temperatur und die ganze Behandlung leichter in der Gewalt hat. In Folge solcher kleinen Einfahrten sind bei geringer Production Arbeitslöhne und Zeitaufwand hoch. Der Arbeiter muß eine genaue Kenntniß von der Schmelzbarkeit des Erzes und der Heizkraft des Ofens besitzen, kommt aber in Verlegenheit, sobald fremde Beimengungen im Schmelzgute eine gewisse Grenze übersteigen.

Der Hauptfeind dabei ist die Kieselerde, welche schon in geringer Menge, bei $^1/_4$ bis $^1/_2$ Proc. Quarz, und bei beginnender Röstung leichtflüssiges kieselsaures Bleioxyd bildet, welches, wenn auch nur in ganz geringer Menge vorhanden, die ganze Erzpost firnißartig überzieht, dadurch den röstenden Einfluß der Luft beschränkt und einen Verlust an Metall, Zeit und Brennmaterial herbeiführt. Durch einen Zuschlag von Kalk, der etwa das Zehnfache von dem des Quarzes ausmachen muß, läßt sich dann noch ein erträgliches Resultat erlangen. Nach Zemlinsky's Versuchen im Kleinen läßt sich reiner, von Kieselerde ganz freier Bleiglanz ohne einen Kalkzuschlag schwieriger verarbeiten als mit Kalk. Im Allgemeinen vermehren aber fremde erdige wie metallische Beimengungen den Bleiverlust, indem sie durch Schlackenbildung Blei aufnehmen und das Herabrollen der Bleitropfen auf dem geneigten Heerde verzögern, wodurch dasselbe leichter oxydirt und verflüchtigt wird.

Zu Bleiberg und Raibl in Kärnthen verarbeitet man nach diesem Verfahren aufbereiteten Bleiglanz in Gestalt von Kernschliechen und Schlammschliechen, welche meist nur 8 bis 13 Proc. Vergarten, hauptsächlich Kalk enthalten.

Der Flammofen (Fig. 196 und 197) hat einen 9 bis 10° geneigten Heerd *a* von 9 Fuß Länge und 4 Fuß 6 Zoll Breite und 28 Zoll Höhe bis zum Heerdgewölbe, welcher aus drei Lagen besteht, zu unterst Schlacken, darauf Lehm und zu oberst Bleischlacken. *b* Arbeitsöffnung, zum Einbringen der Schlieche, zum Manipuliren, zum Abfluß des Bleies und zum Ausziehen der Rückstände. *c* Züge, welche zur Esse *d* führen und als Condensationsraum für den Bleirauch dienen. *e* Rost, 18 Zoll breit. *f* Feuerbrücke, 10 Zoll breit. *g* Schürloch. Man vertheilt durch die

Fig. 196.

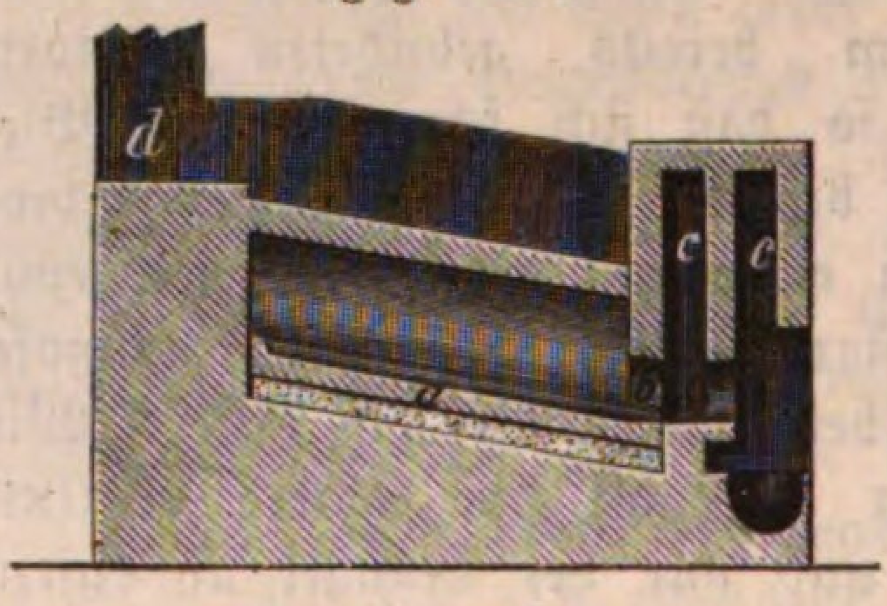
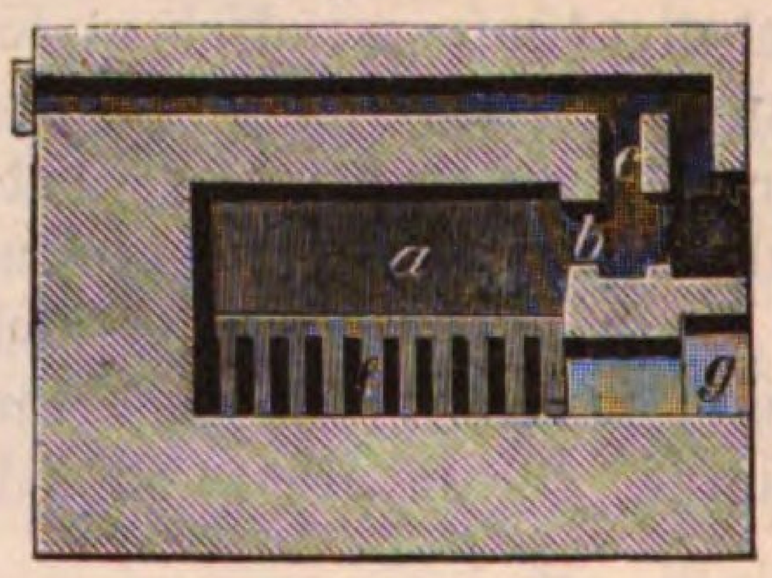


Fig. 197.



Oeffnung *b* eine Post von 207 Kilogr. Schliech gleichmäßig über den Heerd, röstet unter öfterem Umwenden des Röstgutes etwa 3 Stunden lang gelinde, feuert dann stärker, worauf die etwa 4 Stunden dauernde Periode des Bleirührens beginnt, während welcher das sehr reine Jungfernblei aus dem Ofen in einen Kessel fließt. Dann beginnt das Bleipressen durch Einmengen von Holzkohlen oder Holz. Zwei Posten erfordern zur Verarbeitung etwa 23 Stunden Zeit und man erhält von 414 Kilogr. Schliech bei einem Aufwand von $^4/_9$ Klafter Holz 270 bis 280 Kilogr. Blei und 56 Kilogr. Schlacken mit 8 bis 9 Proc. Blei. Das Jungfernblei ist sofort Handelswaare, das Preßblei wird nochmals auf den Heerd gesetzt, gesaigert und durch Umrühren mit Holzgenist gereinigt. Die Rückstände oder Schlacken werden zur Ausziehung des darin enthaltenen metallischen Bleies einer Poch- und Setzarbeit unterworfen.

Wie aus der obigen Zeichnung hervorgeht, besitzt der kärnthner Flammofen nur eine Arbeitsöffnung, durch welche wenig kalte Luft zum Röstgut gelangt. Die Oxydation beim Rösten wird hauptsächlich durch die Flamme der Holzfeuerung und die durch den Rost strömende warme Luft herbeigeführt, welche aber die Oxy-

dation verzögert. Dadurch wird der Proceß in die Länge gezogen, die einzelnen Perioden gehen in einander über, der Bleiverlust steigt und die Production nimmt ab. Der Bleiverlust auf 100 Th. Blei beträgt 14 bis 15 Proc. und auf 1 Tonne Erz (1000 Kilogr.) gehen 1,60 Tonne Holz und circa 7 Arbeitstage. Die zahlreicheren Oeffnungen am englischen und französischen Flammofen, durch welche kalte Luft eindringen kann, beschleunigen die Röstung und erhöhen die Production. Zu Tarnowitz hat man neben der Feuerbrücke noch besondere Canäle zur Luftzuführung angebracht. In Spanien erfordert die Beschaffenheit des Brennmaterials (Gesträuch) besonders construirte Oefen, welche, im Allgemeinen von der Form eines Treibofens, keinen Rost haben; das Brennmaterial verbrennt auf einer soliden Unterlage.

Durch Anwendung von Flammöfen mit doppelter Sohle, auf deren oberster das Rösten und auf deren unterer das Bleirühren und Pressen geschieht, hat man Brennmaterial gespart und den Bleiverlust vermindert. Derselbe beträgt von 100 Pfd. in den Schliechen enthaltenen Bleies bei einfachen Flammöfen 7,5 und bei Doppelöfen 6,9 Pfd., der Holzverbrauch pro Centner verschmolzenes Erz resp. 8,35 und 5,68 Cubikfuß.

Das in Kärnthen auf diese Art gewonnene sehr reine Blei geht unter dem Namen Villacher Blei von der Stadt Villach aus in den Handel.

Auf dieselben chemischen Vorgänge, wie der kärnthner Flammofenproceß, gründet sich die Arbeit im nordamerikanischen Bleiheerd (auch Rosieofen genannt nach Rosie im Staate New-York, wo dieser Schmelzproceß schon längere Zeit im Gange gewesen und von da nach Kärnthen, Przibram und anderwärts versuchsweise verpflanzt ist). Der Bleiheerd besteht aus einem 24 Zoll langen, 20 Zoll breiten und 10 Zoll tiefen gußeisernen Kasten, über welchem an drei Seiten, so daß die vordere Seite großentheils offen bleibt, ein aus doppelten Wänden und mit Zügen versehener Windkasten angebracht ist, in welchem sich die eingeleitete Gebläseluft durch die aus dem Bleiheerd aufsteigende Flamme erwärmt. Der erhitzte Wind tritt mit etwa 15 Linien Quecksilberpressung durch zwei ellipsoidische Formen, deren Maul $2^3/_4$ Zoll Breite und 2 Zoll Höhe hat, aus. Nachdem der Apparat mit Kohlen etwa 12 Stunden lang abgewärmt worden, füllt man den Heerd mit flüssigem Blei, bedeckt dasselbe 1 Fuß hoch mit Holzkohlen und kleinen Holzsplittern, setzt darauf etwa 40 Pfd. reinen Bleiglanz, läßt das Gebläse an und trägt abwechselnd Sätze von Erz und Brennmaterial bis zu einer Höhe von $1^1/_2$ Fuß auf, in welcher man das Haufwerk erhält. Beim Niedergehen im Heerde verliert der Bleiglanz oberhalb der Form unter dem Einflusse der Gebläseluft einen Theil Schwefel, es bildet sich Unterschwefelblei und schwefelsaures Bleioxyd und Bleioxyd, welche, beim Eintreffen in der Formgegend, durch gegenseitige Einwirkung metallisches Blei geben. Dieses fließt aus dem vollen Heerde an der Vorderseite durch eine Rinne über eine geneigte eiserne Platte in einen Kessel von Gußeisen, welcher mit einer Feuerung und einem Blechdeckel versehen ist. Bei richtiger Temperatur im Heerde entsteigt demselben bei dunkelrothglühendem Inhalt ein dunkelbleigrauer Rauch; bei verminderter Temperatur ist dieser Rauch schwarz und bei hoher Temperatur tritt eine Sinterung des Erzes ein. Von Zeit zu Zeit werden die an der Formseite des Windkastens gebildeten Ansätze oder Krätzen entfernt und nochmals im Heerde wie das Erz behandelt. Die dabei erfolgenden Abgänge verschmilzt man in einem Halbhohofen mit Eisen und Eisenfrischschlacken. Diese Heerde gestatten bei geringerem Brennmaterialconsum eine größere Production als die kärnthner Flammöfen, veranlassen aber mehr Bleiverlust. Letzterer beträgt 10,5 Pfd. von 100 Pfd. in den Schliechen enthaltenen Bleies. Man verbraucht pro Centner Schliech 3,34 Cubikfuß Holz und verschmilzt von letzterem in 12 Stunden 25 Ctnr. mit 70 bis 71 Proc. Blei.

II. Kalkiger Bleiglanz giebt neben Blei Unterschwefelblei und durch Kalk zu zerlegendes Bleioxysulfuret, aus welchem metallisches Blei aussaigert (englischer Röstsaigerproceß in Flammöfen und schottische Bleisaigerarbeit in Heerdöfen). — Während der kärnthner Flammofenproceß nur eine geringe Production gestattet, aber wegen der niedrigen Temperatur, bei welcher derselbe ausgeführt wird, ein sehr reines Blei giebt, so läßt der englische Proceß wegen beschleunigter Arbeit und größerer Einsätze eine vermehrte Bleiproduction zu, es erfolgt aber bei der dabei erforderlichen höheren Temperatur ein unreineres, zuweilen der Raffination bedürftiges Blei, wenn die Erze nicht ganz frei von fremden Schwefelungen waren, deren Radicale dann theilweise ins Blei gehen. Ein geringer Kieselerdegehalt ist weniger schädlich, als beim kärnthner Proceß. Er führt zwar stets Blei in die Rückstände, allein diese müssen doch immer noch weiter auf Blei verschmolzen werden. 2 bis 3 Proc. Kieselerde wirken aber bei der zum Rösten angewandten hohen Temperatur schon sehr nachtheilig. Durch Zuschlag von Flußspath sucht man die Kieselerde möglichst unschädlich zu machen, indem derselbe die Kieselerde theils als Fluorsilicium hinwegführt, theils sein Kalkgehalt mit der Kieselerde eine Schlacke bildet.

Man röstet den Bleiglanz in größeren Quantitäten bei rasch steigender Temperatur in einem Flammofen kürzere Zeit, wobei im Verhältniß zum unzersetzten Bleiglanz sich weniger Bleioxyd und schwefelsaures Bleioxyd, als beim kärnthner Proceß, bildet. Läßt man nun die Bestandtheile des Röstgutes bei erhöhter Temperatur in einem Flammofen oder Heerdofen auf einander einwirken, so bildet sich neben etwas metallischem Blei Unterschwefelblei, Pb_2S; denn

$$2\,PbS + PbO\,.\,SO_3 = Pb_2S + Pb + 2\,SO_2.$$

Das Unterschwefelblei, aus 92,8 Proc. Blei und 7,2 Proc. Schwefel bestehend, ist bei erhöhter Temperatur homogen, läßt aber bei der Abkühlung bis zum teigartigen Zustande den größten Theil seines Bleigehalts aussaigern. Saigert kein Blei mehr aus, so läßt man bei niedriger Temperatur einige Zeit unter öfterem Wenden der Masse Luft zutreten, wobei wieder ein Theil des noch vorhandenen Schwefelbleies in Oxyd und Sulfat übergeht. Bei verstärkter Feuerung wirken beide in vorhinniger Weise unter Bildung von Blei und

Schwefelblei ein. Diese Röstungen bei niedriger Temperatur und die darauf folgenden stärkeren Hitzen wiederholt man so oft (3 bis 4 Mal), als noch metallisches Blei aussaigert. Hört dieses auf und sind die Massen zuletzt in Fluß gekommen, so hat sich Bleioxysulfuret gebildet, welches seinen Bleigehalt nur durch Einmengung von Kalk abgiebt. Dieser zerlegt im Oxysulfuret bei Luftzutritt das Schwefelblei, während das Bleioxyd desselben ausgeschieden wird und auf einen anderen Theil noch nicht zersetzten Schwefelbleies zerlegend einwirkt. Wird nach wiederholter Einmengung von Kalk bei erhöhter Temperatur kein Blei mehr gewonnen, so zieht man die Rückstände aus. Dieselben werden in kleinen Heerdöfen oder Schachtöfen verschmolzen, das Blei entweder gleich in den Handel gegeben, oder bei einem Silbergehalt pattinsonirt, oder raffinirt, wenn dasselbe unrein ist.

Die englischen Bleierze, welche vorwaltend im Kalksteine vorkommen, eignen sich ganz für diesen Proceß, der in England ausgebildet ist und entweder nur in Flammöfen allein oder in Flamm- und Heerdöfen (schottische Bleisaigerarbeit) ausgeführt wird.

1) Englischer Röstsaigerproceß in Flammöfen (Flintshire). Derselbe wird in der Weise ausgeführt, daß man 16 bis 20 Ctnr. zerkleinte Bleierze, welche nicht unter 70 Proc. Blei und meist nur Kalkspath, Flußspath und Schwerspath als erdige Begleiter enthalten, in einem Flammofen mit einem Sumpfe,

Fig. 198.

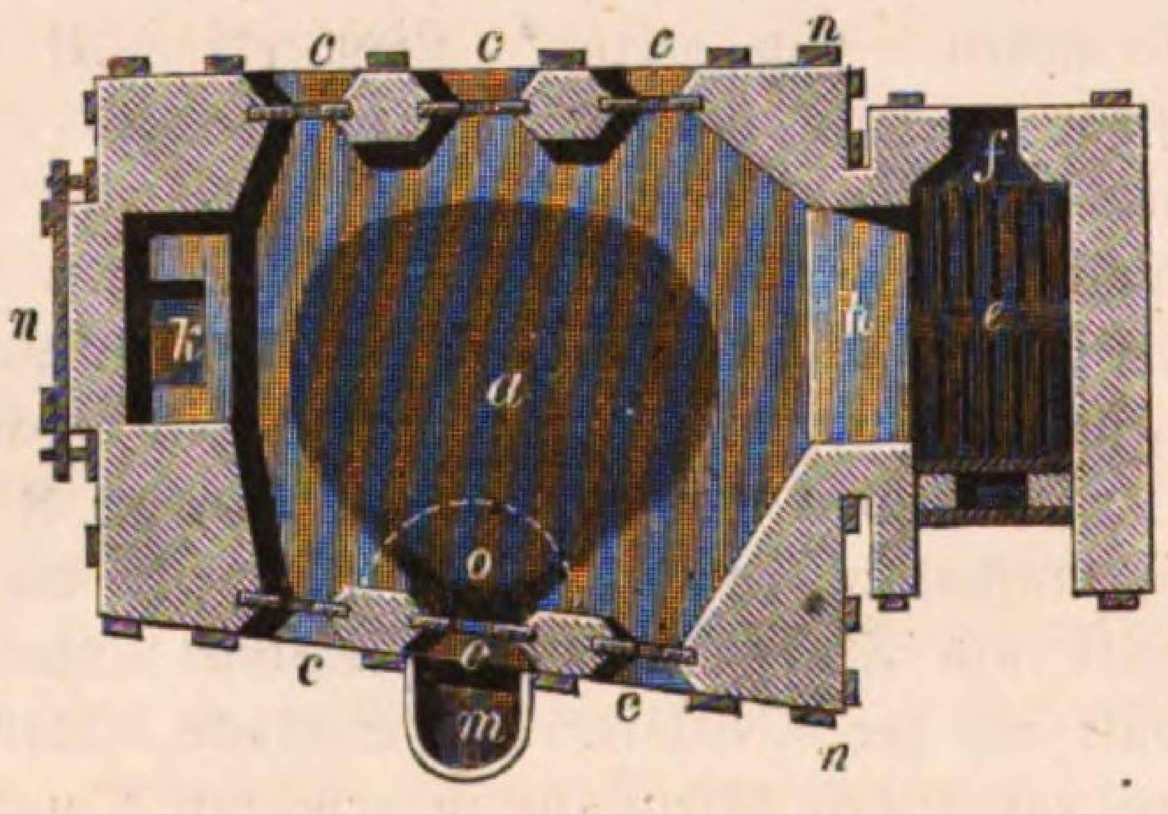


Fig. 199.

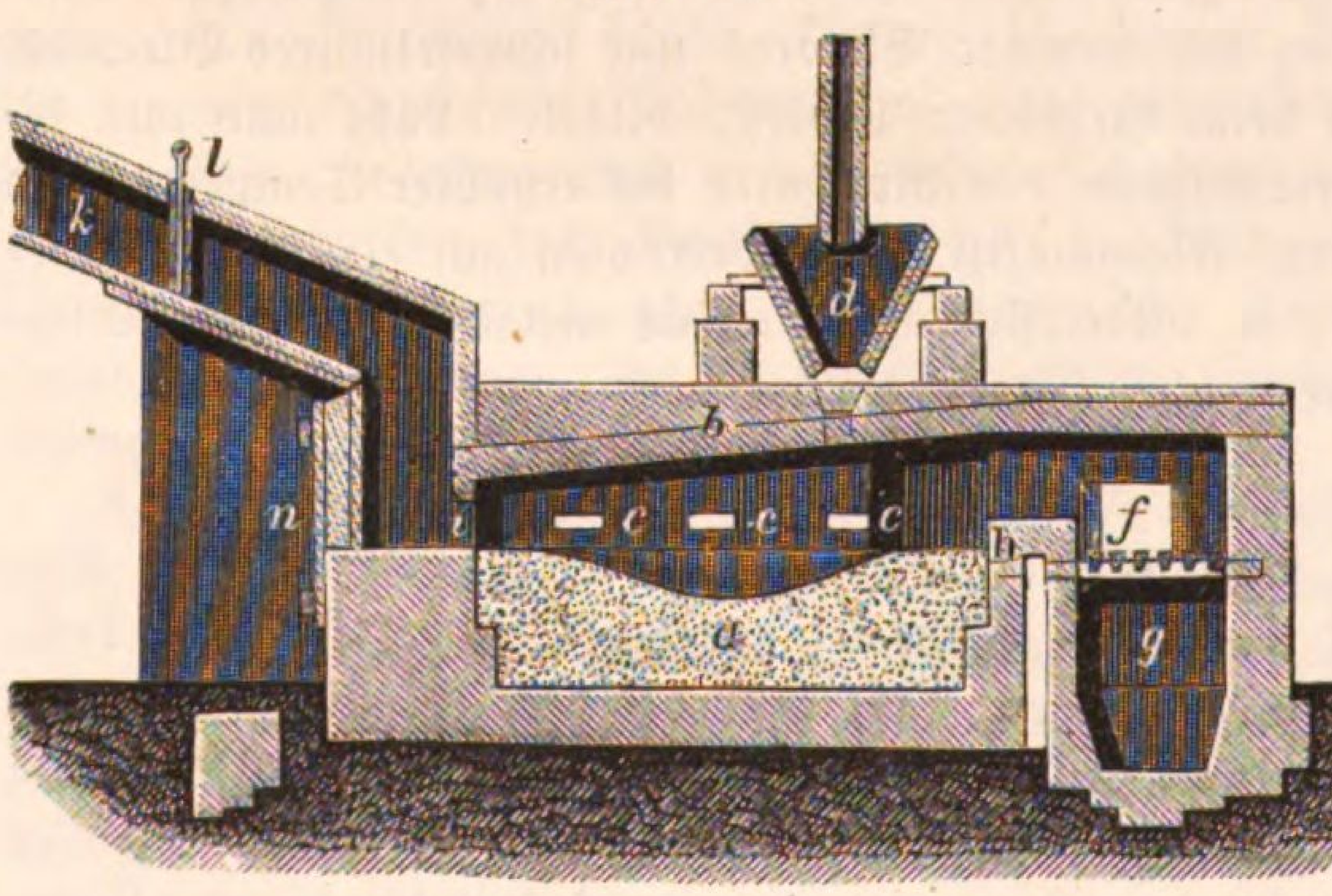


Fig. 198 und 199, ausbreitet. *a* Heerd, aus Thon aufgestampft, 10 Fuß 9 Zoll lang und 10 Fuß 3 Zoll breit. *b* Heerdgewölbe, 2 Fuß 9 Zoll über dem Heerde. *c* Arbeitsöffnungen, 1 Fuß 5 Zoll weit. *d* Aufgebetrichter. *e* Rost, 2 Fuß 9 Zoll breit, 5 Fuß 9 Zoll lang und 2 Fuß 6 Zoll unter dem Gewölbe. *f* Schüröffnung. *g* Aschenfall. *h* Feuerbrücke, 2 Fuß 2 Zoll lang, 4 Fuß 9 Zoll breit und 2 Fuß 4 Zoll unter dem Gewölbe. *i* Fuchs. *k* Esse, 1 Fuß 6 Zoll Quadrat. *l* Register. *m* Stechheerd, 14 Zoll weit. *n* Verankerung. *o* Sumpf.

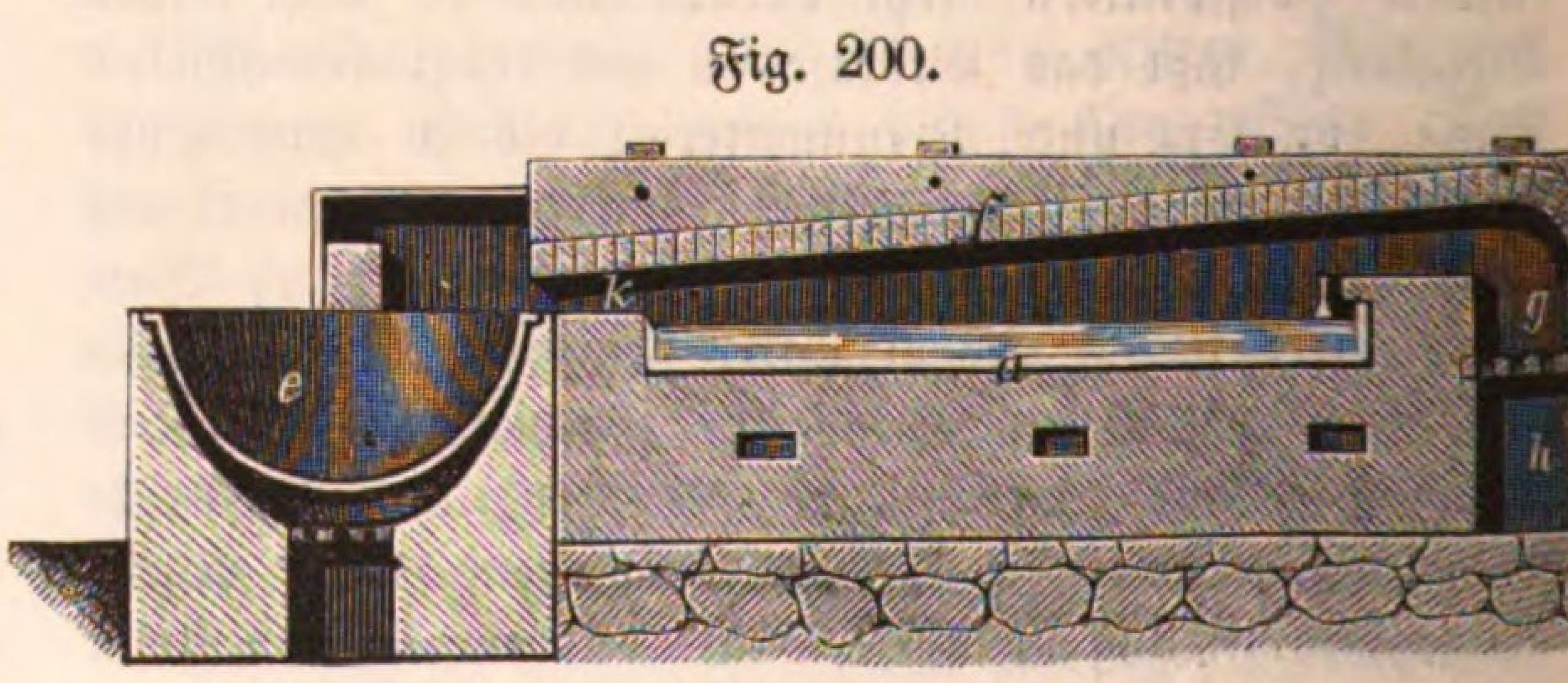
Man setzt das Erz in diesem Ofen unter öfterem Wenden und Translociren 2 bis 3 Stunden lang einer rasch steigenden Rösttemperatur aus, erhöht dann die Temperatur fast bis zum Schmelzen, wobei sich Unterschwefelblei bildet, steift die Schmelzmasse, damit sie nicht in den Sumpf fließt, durch einige Schaufeln voll Kalkpulver an, öffnet die Arbeitsthüren, feuert schwächer und wendet das Röstgut öfters. Dabei saigert fortwährend aus dem abgekühlten Unterschwefelblei metallisches Blei aus und fließt in den Sumpf. Kommt kein Blei mehr, so erhöht man die Temperatur wieder, kühlt nochmals ab und wiederholt diese Operationen wohl noch zum dritten Male, worauf man das Blei aus dem Sumpf in den Stechheerd absticht und durch Umrühren mit Holzgenist reinigt. Die Rückstände zieht man durch die Arbeitsöffnungen aus. Das obige Erzquantum wird in 5 bis 6 Stunden geschmolzen und man bringt von 100 Pfd. Erz mit etwa 50 Pfd. Steinkohlen 67 bis $67\frac{1}{2}$ Pfd. Blei exclusive und $70\frac{3}{4}$ bis $71\frac{1}{4}$ Pfd. Blei inclusive des aus den Rückständen erfolgenden Metalles aus.

Eine Modification dieses Verfahrens besteht darin, daß man die nach dem Rösten zum Schmelzen gebrachte Masse in den Sumpf fließen läßt, die arme Schlacke absticht, die zurückgebliebene Masse mit Kohkspulver ansteift und dann durch Oeffnen der Arbeitsthüren das Unterschwefelblei abkühlt. Man sticht dann ab und befreit im Stechheerd das Blei von der darauf schwimmenden Schlacke mit durchlöcherten Löffeln.

Man röstet auch wohl (z. B. zu Par in Cornwall) die Erze in einem besonderen Ofen mit horizontaler Sohle und schmilzt das Röstgut in einem zweiten Ofen mit Sumpf. Jenkin hat einen Doppelofen in Vorschlag gebracht, in dessen oberem Heerd man röstet und auf dem unteren schmilzt, wobei Brennmaterial erspart und ein Schmelzen während des Röstens verhütet wird. Man erhält von dem Schmelzen nachstehende Producte:

a) Blei, welches entweder gleich in den Handel geht, oder bei einem Gehalt von $\frac{1}{2}$ bis 1 Lth. Silber im Centner pattinsonirt, oder wenn es unrein ist, in einem

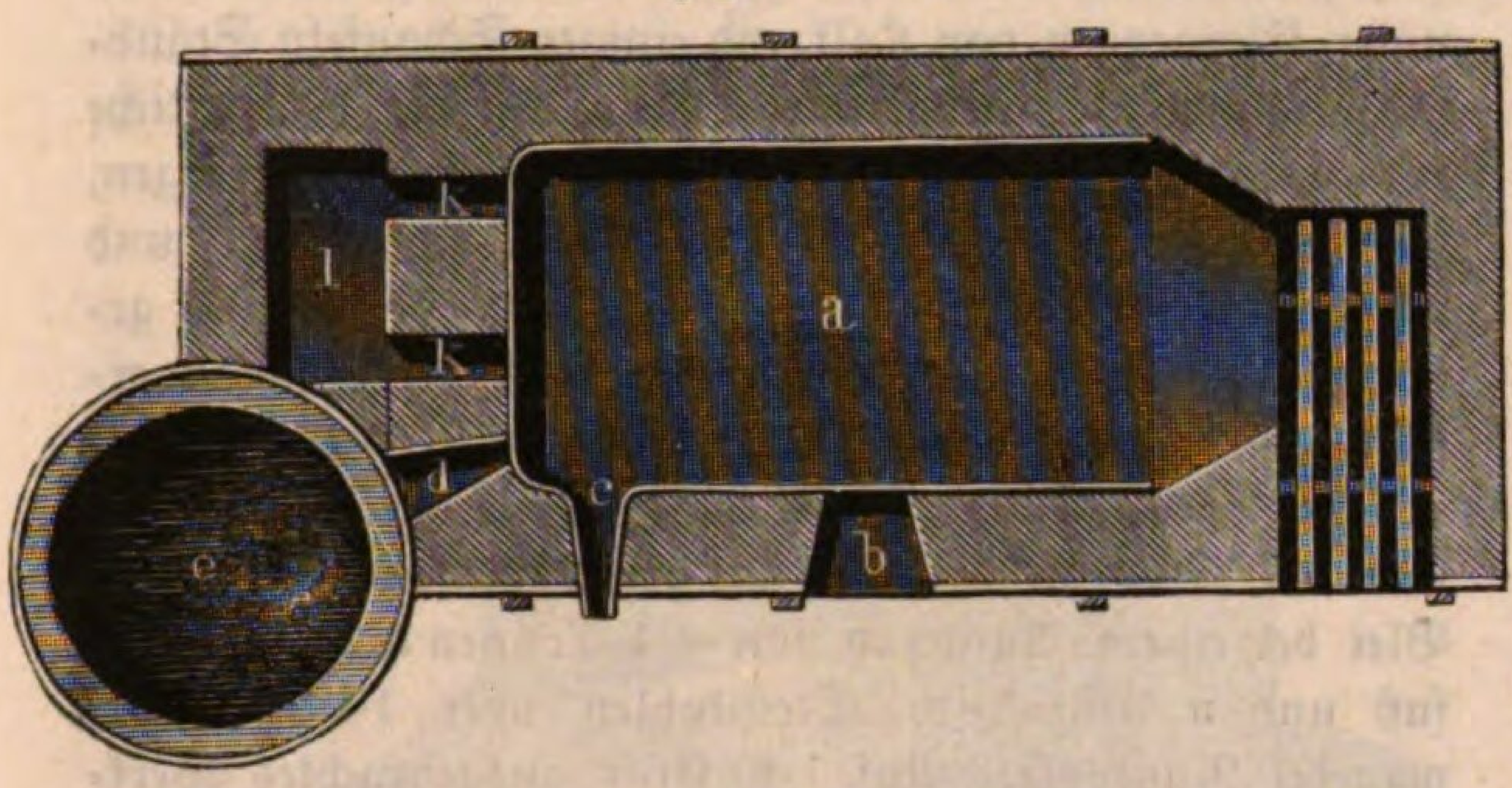
Fig. 200.



Flammofen, Fig. 200 und 201, raffinirt wird. Dieser enthält als Heerd eine eiserne Pfanne *a* von 10 Fuß Länge, 5 Fuß Breite und 8 Zoll Tiefe. Das Heerdgewölbe *f* liegt vorn 1 Fuß 6 Zoll, hinten 6 Zoll über

der Pfanne. Neben der 2 Fuß breiten Feuerbrücke liegt der 1 Fuß 6 Zoll lange und 5 Fuß breite Rost. Durch die Arbeitsöffnung *b* setzt man 6 bis 8 Tonnen Blei in die Pfanne, schmilzt dieselben bei nicht zu hoher Tem-

Fig. 201.



peratur ein und läßt unter öfterem Abziehen der sich bildenden Kruste durch *d* in den Kessel *e* die Luft, je nach der Unreinheit des Bleies, 12 Stunden bis mehrere Wochen einwirken. Zeigt eine genommene Schöpfprobe beim Erkalten ein eigenthümlich flockig krystallinisches Gefüge, so sticht man das gereinigte Blei durch die mit Knochenmehl geschlossene Oeffnung *c* in einen Kessel durch eine bewegliche Ansatzröhre ab. Die Kruste wird in dem Kessel auf eine schlechtere Bleisorte eingeschmolzen.

b) Rückstände, durchschnittlich 18 bis 20 Proc. mit 30 Proc. Blei und mehr. Dieselben werden für sich oder mit etwas Kalk und Kohks in dem englischen Schlackenheerd, Fig. 202 und 203, auf Blei ver-

Fig. 202.

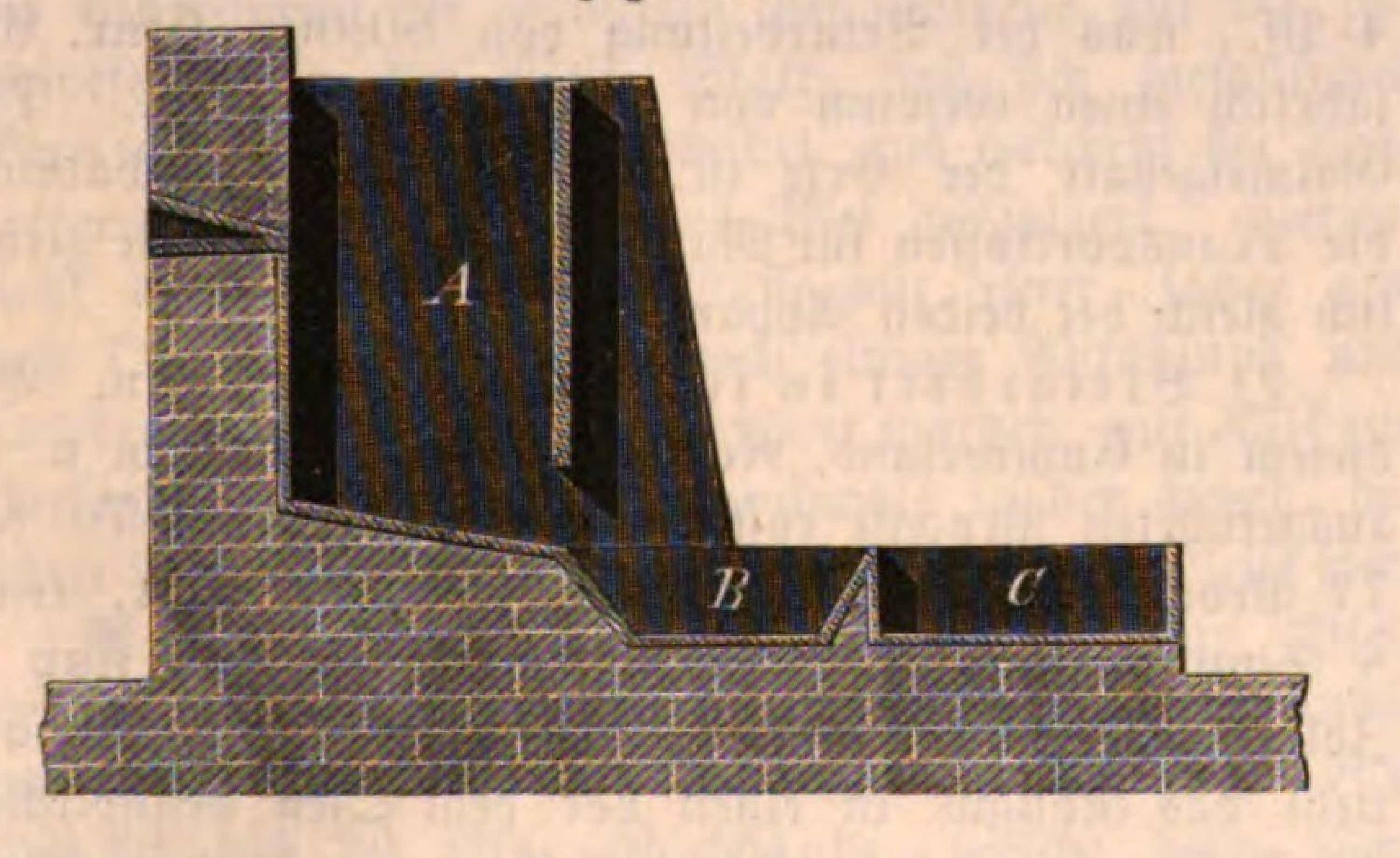
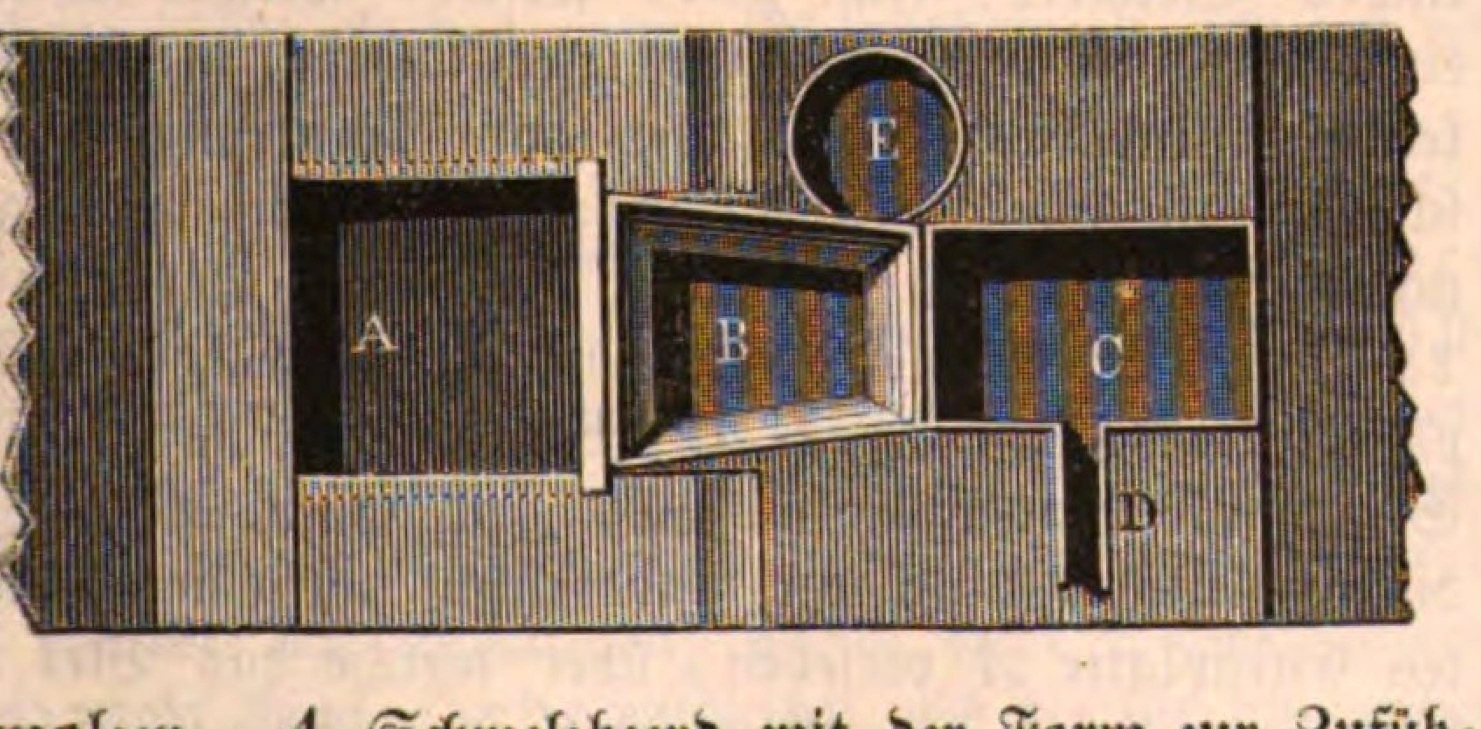


Fig. 203.



schmolzen. *A* Schmelzheerd mit der Form zur Zuführung von Gebläseluft, aus Gußeisenplatten gebildet, 26 Zoll lang, 22 Zoll breit und 33 Zoll hoch. *B* mit Eindern gefülltes Bassin, in welchem sich das Blei ansammelt, während die Schlacken in das mit fließendem Wasser gespeiste Bassin *C* übertreten. Dieselben zerbröckeln und werden in diesem Zustande zur Gewinnung der darin enthaltenen Bleikörner einem Siebsetzen unterworfen oder in einem niedrigen mehrförmigen Schachtofen (Castillianischer Ofen) verschmolzen. *D* Rinne zum Abfluß des Wassers. *E* Stechheerd, in welchen aus *B* das Blei abgelassen wird.

Auf dem Panther Bleiwerke bei Bristol verschmilzt man in einer Woche 320 Ctnr. Rückstände mit 37 Proc. Blei bei einem Aufwande von 104 Ctnr. Kohks und einem Ausbringen von 116 Ctnr. Schlackenblei mit ½ Loth Silber.

c) Bleirauch, welchen man in unterirdischen Canälen mit oder ohne Regenvorrichtung oder in sonstigen Condensationsräumen verdichtet. Auf dem Panther Bleiwerke enthält der condensirte Rauch einige 30 Proc. Blei und pro Tonne 4 bis 5 Unzen Silber.

Ein ähnlicher Proceß, wie in Derbyshire, wo Weißbleierz mit Bleiglanz zur Verarbeitung kommt, wird zu Binsfeld Hammer bei Stolberg ausgeführt, indem man bei hoher Temperatur röstet und eine längere oder kürzere Reactionsperiode folgen läßt, wobei man die Rückstände zum Sintern bringt.

Eine für das Bleiausbringen günstige Modification des englischen Processes besteht, wie bereits angeführt, zu Bleiberg bei Aachen, zu Corphalie und Prayon in Belgien darin, daß man das Erz langsam bei niedriger Temperatur röstet, dann eine oder zwei Reactionen folgen läßt und die hierauf ausgezogenen, verhältnißmäßig reichen Rückstände im Schachtofen verschmilzt.

Fig. 204.

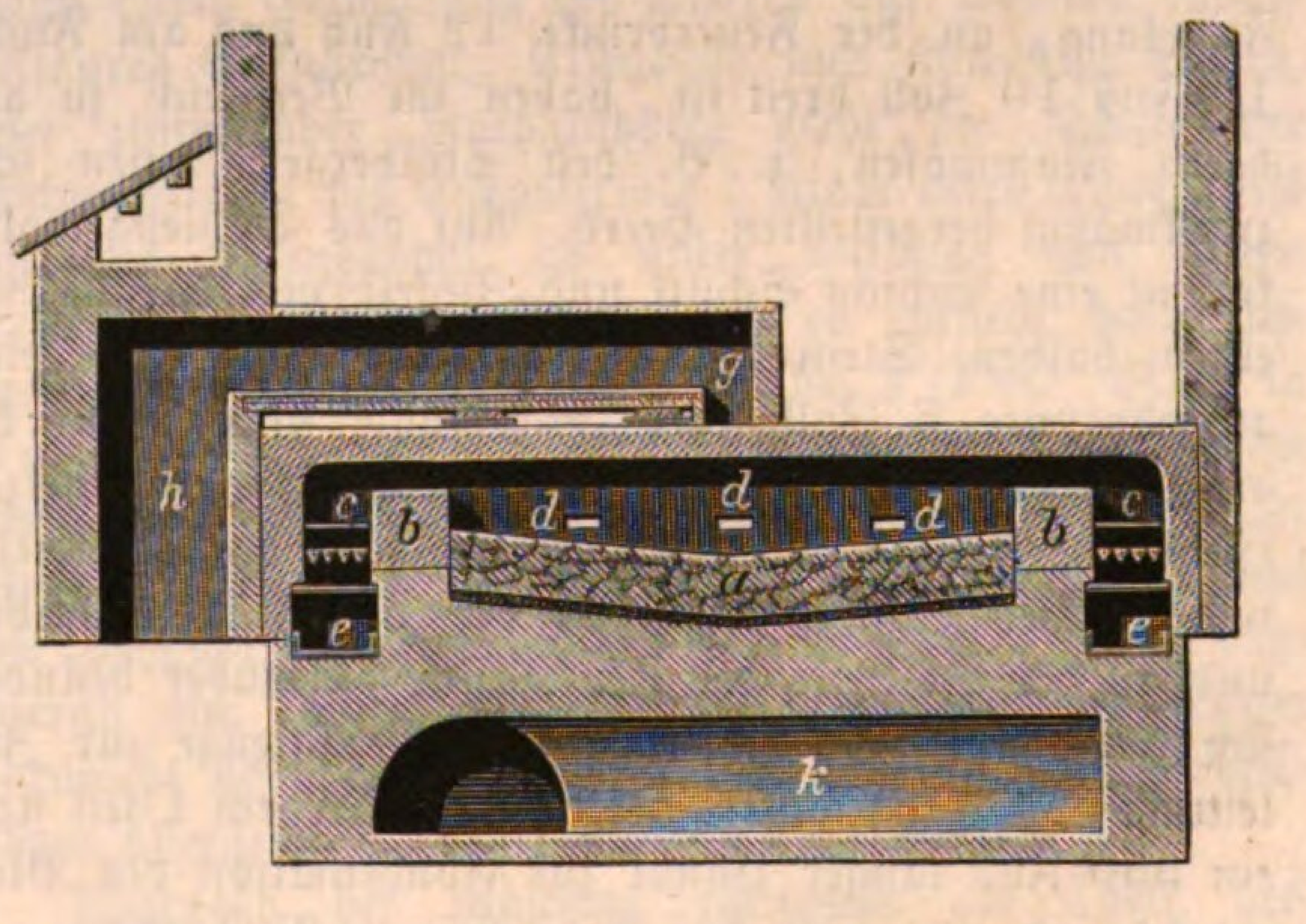
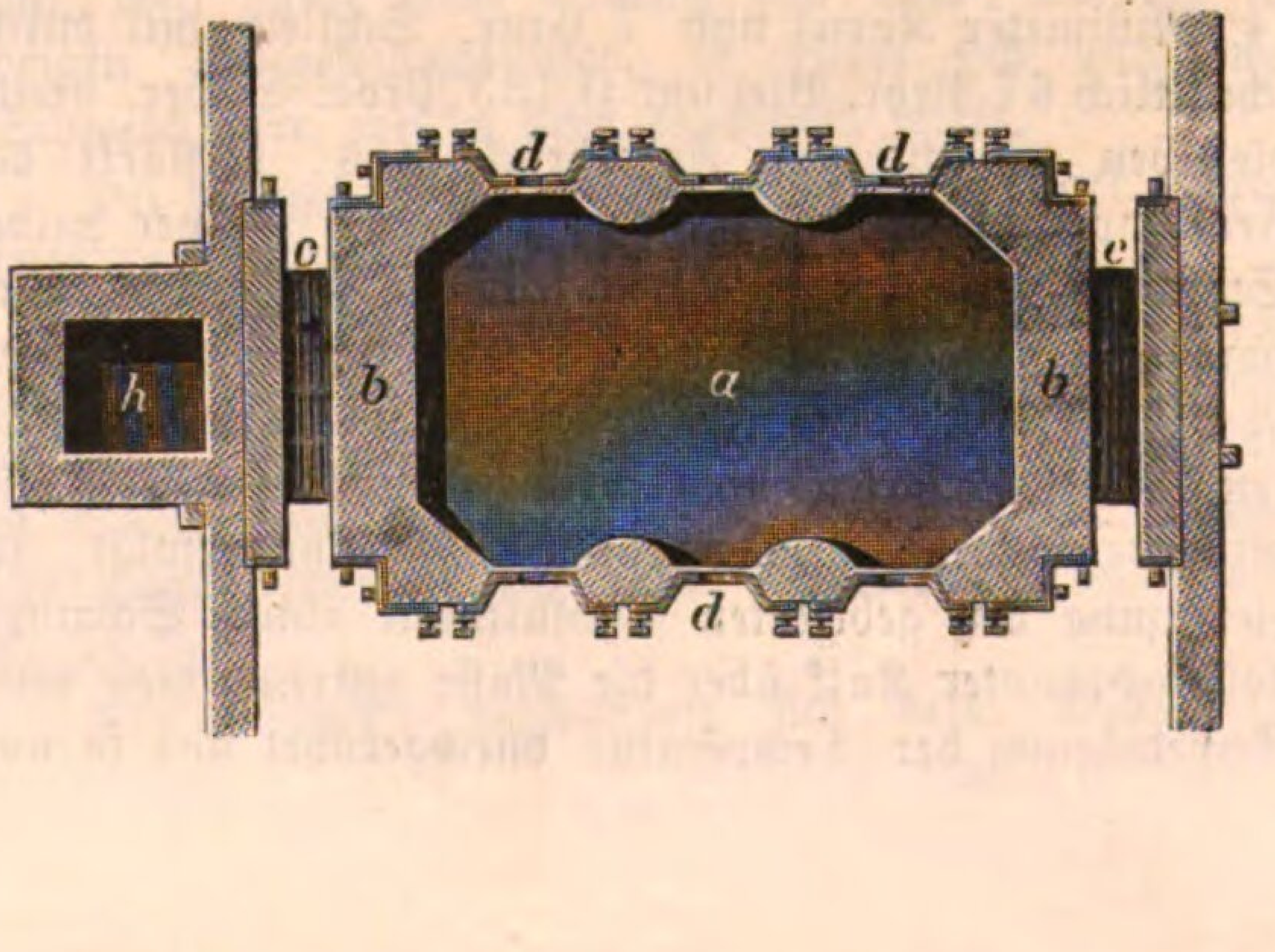
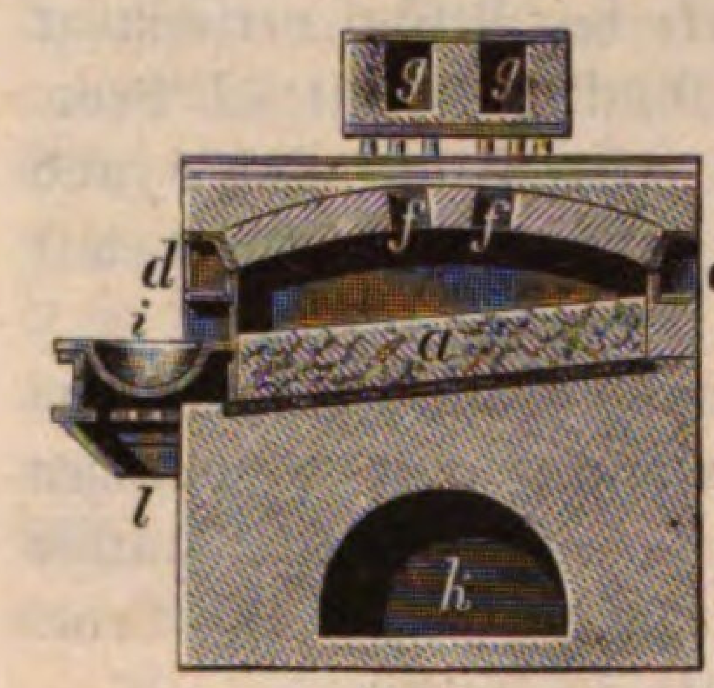


Fig. 205.



Der neuere Bleiberger Flammofen mit 2 Rosten hat nachstehende Einrichtung (Fig. 204 bis 206) und die oben (S. 899) angegebenen Dimensionen: *a* Heerd. *b* Feuerbrücken. *c* Feuerungen. *d* Arbeitsöffnungen. *e* Aschenfall. *f* Füchse, in die horizontalen Züge *g* mündend, welche mit dem nach unten gehenden, in eine Esse mündenden Zugcanal *h* in Verbindung stehen. *i* Stechheerd. *k* Kreuzgewölbe. *l* Aschenfall, darüber der Rost.

Fig. 206.



Zu Tarnowitz in Oberschlesien wurden früher silberarme, bleireiche kalkige Bleierze in Schachtöfen mit Eisen durch die Niederschlagsarbeit verschmolzen. Seit Kurzem ist aber mit großem Vortheil der englische Flammofenproceß eingeführt und es umfassen die Schmelzarbeiten zur Zeit nachstehende Operationen: Das Erz- und Schliechschmelzen im Flammofen, verschiedene Schachtofenarbeiten (Verschmelzen der Flammofenrückstände, Frischen des bleiischen Heerdes, Verschmelzen der dabei fallenden Schlacken, sogenanntes Heerdfrischschlackenschmelzen, Verschmelzen der Schlacken vom Verfrischen des Pattinson'schen Kesselabstrichs im Flammofen, sogenanntes Reductionsschlackenschmelzen, Abgängeschmelzen von Stein, Schur ꝛc.); Pattinsoniren in 14 Kesseln; Reduction des Kesselabstrichs im Flammofen; Abtreiben (Concentration des Reductionsschlacken-Werkbleies, Concentration des Heerdfrischschlacken-Werkbleies und Reichbleitreiben); Feinbrennen des Blicksilbers in einem Zugflammofen.

Die Tarnowitzer Flammöfen, deren Heerd 12 Fuß lang, an der Feuerbrücke 12 Fuß und am Fuchs 10 Fuß 10 Zoll breit ist, haben im Vergleich zu anderen Flammöfen, z. B. den Stolberger, einen sehr zweckmäßig hergestellten Heerd. Auf das Sohlengewölbe kommt eine Schicht Schutt und Ziegelbruch, darauf eine einen halben Stein starke Rollschicht, auf diese eine aufgebrannte 6 Zoll starke Sandsohle und darauf die aus Trifftschlacken vom Heerdfrischschlackenschmelzen (siehe später) aufgeschmolzene 5 Zoll hohe Schmelzsohle. Der Sumpf liegt vor der dritten Arbeitsthür und an der Rostseite der Feuerbrücke gegenüber befinden sich durch lose Steine verschließbare Luftzüge zur Zuleitung von kalter Luft (S. 905). Mit dem Ofen steht ein 550 Fuß langer Canal zur Condensation des Bleirauchs und eine 150 Fuß hohe Esse in Verbindung.

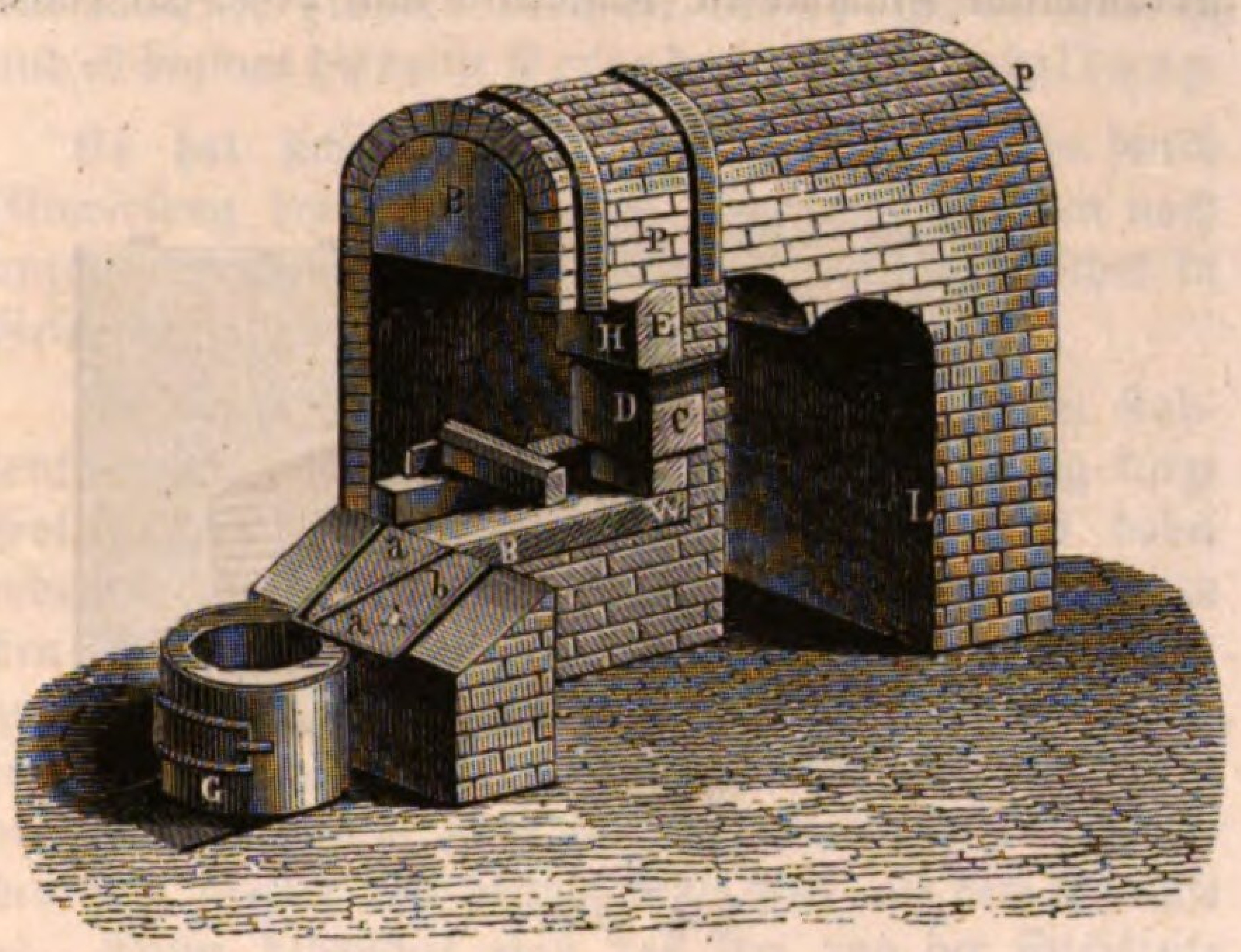
Man giebt Chargen von 18 Cntr. gewalztem Erz (4 Millimeter Korn) und 7 Ctnr. Schliech mit durchschnittlich 67 Proc. Blei und 0,133 Proc. Silber, breitet dieselben zunächst der Feuerbrücke aus, verstärkt das Feuer noch eine Stunde und wendet nach je einer halben Stunde. Nach vierstündigem Rösten zeigen sich Bleikügelchen, das Röstgut wird durch Bildung von Unterschwefelblei zähe, dann vier Stunden unter stetem Rühren bei gesteigerter Temperatur Blei durch Reaction ausgeschieden, wenn solches dann nicht mehr erfolgt, zur Zerlegung der gebildeten Oxysulfurete einige Schaufeln voll gebrannter Kalk über die Masse gestreut, diese unter Erniedrigung der Temperatur durchgerührt und so noch Blei erhalten. Fließt nichts mehr aus, so sticht man dasselbe aus dem Sumpf, rührt es mit staubförmigen Steinkohlen durch, nimmt die entstandene Krätze mittelst eines durchlöcherten Löffels ab, gießt das im Vergleich zum Schachtofenblei silberreichere Werkblei in Formen und pattinsonirt es demnächst. Die Rückstände werden unter Einmengen von Kalk und einigen Schaufeln Staubkohle nochmals durchgerührt, dann auf der dem Stiche entgegengesetzten Seite durch die Mittelthür ausgezogen, das Werkblei abgestochen, mit Kohle umgerührt und pattinsonirt. Nachdem der Heerd ausgebessert und gehörig abgekühlt, giebt man eine neue Charge. Man erhält von einer Charge in acht Stunden incl. Nebenarbeiten 10,5 Ctnr. Werke mit 5 bis 6 Loth Silber und 8,7 Ctnr. Rückstände mit durchschnittlich 65 Proc. Blei bei einem Aufwand von 4,1 Tonnen à 7 1/9 Cubikfuß und à 350 Pfd. Steinkohlen oder 14,35 Ctnr. magerer Nußkohle. Auf 100 Ctnr. ausgebrachtes Werkblei verbraucht man 39,04 Tonnen Nußkohlen, 1,9 Tonnen gebrannten Kalk und 0,85 Tonnen Gestübbe. 1 Cntr. Werkblei im Flammofen auszubringen kostet 5 Sgr. 7 Pf. Die Rückstände werden im Schachtofen verschmolzen (siehe später).

Bei einer Vergleichung der neuen Flammofenarbeit mit der älteren Schachtofenarbeit ergiebt sich, daß erstere billiger ist wegen Ersparung an Eisen, Arbeitslöhnen und Brennmaterial; Ausbringen im Flammofen 60 Proc., in den Rückständen 40 Proc. Blei, keine Steinbildung, deshalb ein silberreicheres Werkblei im Flammofen, ärmere Schlacken beim Rückstandsschmelzen, als beim Erzschmelzen. 100 Ctnr. Erze kosten incl. Aufarbeit der Rückstände bei der Flammofenarbeit 19 Thlr. 26 Sgr. 4 Pf., im Schachtofen 43 Thlr. 6 Sgr. 8 Pf. zu verschmelzen, also Gewinn bei ersterem 23 Thlr. 10 Sgr. 4 Pf., was bei Verarbeitung von 80,000 Ctnr. Erz jährlich einen Gewinn von 18,675 Thlr. giebt. Der Galmeigehalt der Erze ist im Flammofen unschädlich, die Transportkosten für Materialien und Producte ziemlich gleich bei beiden Apparaten.

2) Bleiarbeit in schottischen Heerden. Bei diesem in Cumberland, Northumberland, Durham u. a. ausgeführten Processe röstet man Bleiglanz mit 70 bis 77 Proc. Blei in Posten von 9 bis 11 Ctnr. etwa 8 Stunden lang in einem Flammofen mit 6 Fuß 3 Zoll langem und 7 Fuß breitem Heerd wie vorhin ab, zieht das Röstgut in einen vor dem Ofen befindlichen Wassersumpf und behandelt dasselbe dann in dem schottischen Bleiheerd, Fig. 207, weiter, welcher ähnlich eingerichtet ist wie der nordamerikanische Heerd, nur keinen Windkasten hat. Der von Mauerwerk eingeschlossene Raum, welcher den eigentlichen Heerd aufnimmt, ist 24 Zoll lang, 12 Zoll breit und 22 bis 24 Zoll tief. Dieser Raum ist theilweise mit Eisenplatten ausgekleidet. *B W* Bodenplatte, an beiden Seiten und hinten mit einem 5 Zoll hohen und 2 Zoll dicken Rand und an der Vorderseite mit einer geneigten Eisenplatte *A* versehen, über welche das Blei aus dem Heerd durch eine Rinne *a* in das Schmelzgefäß *G* fließt, worin es flüssig erhalten werden kann. Die Eisenplatte *A* ist an drei Seiten mit einem Rande *b* versehen. *C D* Eisenbalken von 6 1/2 Zoll Quadrat im

Querschnitt, mit der Formöffnung versehen. *HE* zweiter Eisenbalken. *P* Gewölbe mit einem Rauchfang, welcher mit einem Schornstein in Verbindung steht. *K* bewegliche Eisenplatte zum Auf- und Niederschieben, wie es der Zug verlangt. *L* Eingang zur Form und Windstellung.

Fig. 207.



Die Arbeit in diesem Heerde wird auf die Weise ausgeführt, daß man die offene Vorderseite des Heerdes mit Torfziegeln zusetzt, vor die Form einige Torfziegel legt und den Ofen mit Kohks füllt. Nach dem Durchschlagen der Flamme giebt man durch eine schmale Thür im Gewölbe Rückstände vom vorigen Schmelzen auf, bedeckt dieselben mit Kohks oder Torf und bringt darauf 15 bis 20 Pfd. geröstetes Erz. Je mehr das Schmelzgut sich der Form nähert, um so mehr findet die Einwirkung der gerösteten Bestandtheile auf die geschwefelten in der Weise Statt, daß sich metallisches Blei und Unterschwefelblei bildet, aus welchem bei breiartigem Zustande metallisches Blei aussaigert. Hierauf zieht man die zähflüssige Masse mit einer Zange aus dem Ofen und bringt sie nach einiger Abkühlung und nachdem das Unhaltige abgesondert worden, mit Kalk zur Zerlegung des Oxysulfurets nochmals in den Heerd, bestürzt sie mit Kohks und Erz und fährt auf diese Weise fort.

Man erhält in 12 Stunden etwa 24 Ctnr. Blei, und zwar erfolgen von 100 Pfd. Erz bei einem unbedeutenden Aufwand an Brennmaterial 65 Pfd. Blei und 20 bis 30 Pfd. Rückstände, welche beim Verschmelzen im Krummofen noch $^1/_5$ ihres Gewichts Blei geben, wodurch das ganze Bleiausbringen sich auf 68 bis 70 Proc. erhöht.

III. Kiesiger und etwas kieseliger Bleiglanz giebt neben Blei Bleioxyd, welches durch Kohle reducirt wird (französischer Röstreductionsproceß in Flammöfen). — Der hierher gehörige Proceß hat seine Entwicklung und Ausbildung zu Poullaouen in der Bretagne erhalten und ist für Bleierze eingerichtet, welche mehr Schwefelungen und mehr Kieselerde enthalten, als die für die vorher beschriebenen Processe geeigneten Erze. Bei einem geringeren Einsatzquantum als beim englischen Proceß röstet man längere Zeit bei allmälig steigender niedrigerer Temperatur, um eine Silicatbildung möglichst zu vermeiden. Dabei hat sich nach Beendigung des Röstprocesses viel schwefelsaures Bleioxyd und Bleioxyd im Verhältniß zum unzersetzten Bleiglanz gebildet, so daß, wenn man beide bei gesteigerter Temperatur auf einander einwirken läßt, Bleioxyd entsteht, welches durch Einmengen von Kohle, Holz u. dergl. reducirt wird:

$$PbS + 3\,(PbO\,.\,SO_3) = 4\,PbO + 4\,SO_2$$
$$4\,PbO + 4\,C = 4\,Pb + 4\,CO.$$

Bleibt neben Bleioxyd noch schwefelsaures Bleioxyd zurück, so verwandelt sich letzteres in Berührung mit Kohle in Schwefelblei unter Entwicklung von Kohlensäure. Bei gleichen Aequivalenten beider entwickelt sich bei niedriger Temperatur Kohlensäure und nur die Hälfte des Bleivitriols verwandelt sich in Schwefelblei:

$$2\,(PbO\,.\,SO_3) + 2\,C = PbO\,.\,SO_3 + PbS + 2\,CO_2.$$

Bei gesteigerter Temperatur setzen sich Schwefelblei und schwefelsaures Bleioxyd zu metallischem Blei und schwefliger Säure um (kärnthner Proceß).

Ist auf 2 Aeq. schwefelsaures Bleioxyd 1 Aeq. Kohle vorhanden, so erzeugt sich bei gelindem Glühen:

$$4\,(PbO\,.\,SO_3) + 2\,C = 3\,(PbO\,.\,SO_3) + PbS + 2\,CO_2,$$

bei stärkerem Glühen:

$$3\,(PbO\,.\,SO_3) + PbS = 4\,PbO + 4\,SO_2.$$

Steigt der Quarzgehalt in der Beschickung über 5 Proc., so tritt auch bei der niedrigen Rösttemperatur eine so starke Verschlackung des Bleioxyds ein, daß das Metallausbringen zurückgeht.

Schwefelkies, FeS_2, verwandelt sich bei vorsichtig geleiteter Röstung zuerst in schweflige Säure und Eisenoxydul, dann bildet sich bei Zutritt der Luft Schwefelsäure (durch Contact) und Eisenoxyduloxyd, dann durch Einwirkung der ersteren auf letzteres schwefelsaures Eisenoxydul, Eisenoxyd und schweflige Säure. Bei eintretender Rothglühhitze giebt die Hälfte der Schwefelsäure des Eisenvitriols 1 Atom ihres Sauerstoffs an das Eisenoxydul ab unter Bildung von Eisenoxyd und schwefliger Säure und es entsteht bald einfach schwefelsaures Eisenoxyd, wobei 2 ($FeO\,.\,SO_3$) in $Fe_2O_3\,.\,SO_3 + SO_2$ zerfallen. Dieses Salz giebt bei Erhöhung der Temperatur seine Schwefelsäure unter Zurücklassung von Eisenoxyd ab. Erstere wirkt auf die oxydabeln Bestandtheile des Röstgutes stark oxydirend ein, indem sie entweder als schweflige Säure entweicht oder diese durch Contact wieder in Schwefelsäure übergeht.

Während der Röstung entweicht ein Theil des Schwefels dampfförmig, verbrennt über der Röstpost, und weil dabei mehr Wärme frei wird, als bei niedrigen Schwefelungsstufen, so bildet sich auch mehr Schwefelsäure, welche stark oxydirend wirkt.

Bei Mangel an Luftzutritt entsteht weniger Schwefelsäure, dagegen mehr Eisenoxyduloxyd.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, macht ein Schwefelkiesgehalt im Erz das Rösten durch die oxydirende Wirkung der daraus gebildeten Schwefelsäure lebhaft; es werden aber die Rückstände dadurch vermehrt. Eisenoxyduloxyd erweicht bei hoher Temperatur und sintert theilweise.

Zinkblende verwandelt sich beim Glühen in

Zinkoxyd und schweflige Säure, welche letztere aber durch Contact mit dem Zinkoxyd bei Luftzutritt schwefelsaures Zinkoxyd bildet. Bei höherer Temperatur erzeugt sich weniger schwefelsaures Zinkoxyd, dagegen mehr freies Zinkoxyd. Bei noch mehr steigender Temperatur wird das vorhandene schwefelsaure Zinkoxyd zerlegt und die entweichende Schwefelsäure wirkt oxydirend auf noch unzerlegtes Schwefelzink ein.

Durch einen Zinkblendegehalt werden zwar die Rückstände vermehrt, allein die Zinkblende sowohl, als das daraus gebildete Zinkoxyd treten wegen ihrer Strengflüssigkeit einem Sintern des Röstgutes entgegen und wirken insofern günstig, sowie auch durch die Bildung von Schwefelsäuredämpfen das Rösten befördert wird.

Schwefelkupfer, Cu_2S, giebt anfangs schweflige Säure und Kupferoxydul beim Rösten, dann aber durch Contact auch schwefelsaures Kupferoxyd, wobei das Kupferoxydul unter Entwicklung von schwefliger Säure in Oxyd durch die gebildete Schwefelsäure umgewandelt wird. So lange sich noch schweflige Säure entwickelt, geht nicht alles Kupferoxydul in Oxyd über, weil letzteres von der schwefligen Säure theilweise zu Oxydul reducirt wird. Bei hoher Temperatur giebt das gebildete schwefelsaure Kupferoxyd seine Schwefelsäure ab, welche das noch vorhandene Oxydul in Gemeinschaft mit dem Sauerstoff der Luft in Oxyd umwandelt. Eine Beimischung von Schwefeleisen begünstigt die Röstung des Schwefelkupfers durch die aus dem erzeugten schwefelsauren Eisenoxyd frei werdende Schwefelsäure.

Schwefelsilber verwandelt sich schon bei mäßiger Rothglühhitze in schweflige Säure und metallisches Silber. Letzteres wird aber durch die aus anderen Schwefelungen gebildete und entweichende dampfförmige Schwefelsäure in schwefelsaures Silberoxyd umgewandelt. Dieses kann bei fortgesetzter Röstung theilweise wieder zersetzt werden, z. B. durch Einwirkung von Metalloxyden, welche sich höher oxydiren können, oder in Folge sehr feiner Vertheilung unter anderen Metalloxyden oder erdigen Beimengungen bei erhöhter Temperatur.

Arsenmetalle und Schwefelarsenmetalle geben beim Rösten neben mehr oder weniger freien Metalloxyden stets arsensaure Metalloxyde, wenn die sich bildenden Oxyde geneigt sind, bei erhöhter Temperatur in dem Augenblicke ihres Entstehens sich mit arseniger Säure als Arsensäure zu verbinden. Ist dampfförmige Schwefelsäure im Ueberschuß vorhanden, so werden manche arsensaure Salze in schwefelsaure umgeändert, z. B. arsensaures Silberoxyd. Die ausgeschiedene Arsensäure zerfällt dann mehr oder weniger in arsenige Säure und Sauerstoffgas. Der Silberverlust bei der Röstung silberhaltiger Arsenmetalle kann ein mechanischer und ein chemischer sein.

Schwefelantimon wirkt bei seiner Leichtflüssigkeit auf den Röstproceß ungünstig ein. Enthalten Schwefelmetalle Schwefelantimon beigemengt, so bilden sich beim Rösten neben freien Metalloxyden und schwefelsauren Metalloxyden auch antimonsaure Metalloxyde. War gleichzeitig viel Schwefelkupfer vorhanden, welches sich in schwefelsaures Kupferoxyd beim Rösten umändert, so kann gebildetes antimonsaures Silberoxyd durch die aus dem Kupfervitriol frei werdende Schwefelsäure in schwefelsaures Silberoxyd verwandelt werden, aus dem sich aber bei hoher Temperatur metallisches Silber ausscheidet.

Das Verfahren bei dem französischen Röstreductionsprocesse zu Poullaouen ist nachstehendes:

Man verarbeitet Bleiglanz mit durchschnittlich 54 Proc. Blei und 5 Loth Silber im Centner, welchen Schwefelkies, Zinkblende und Quarz begleiten. Der gebräuchliche Flammofen, Fig. 208 und 209, hat einen

Fig. 208.

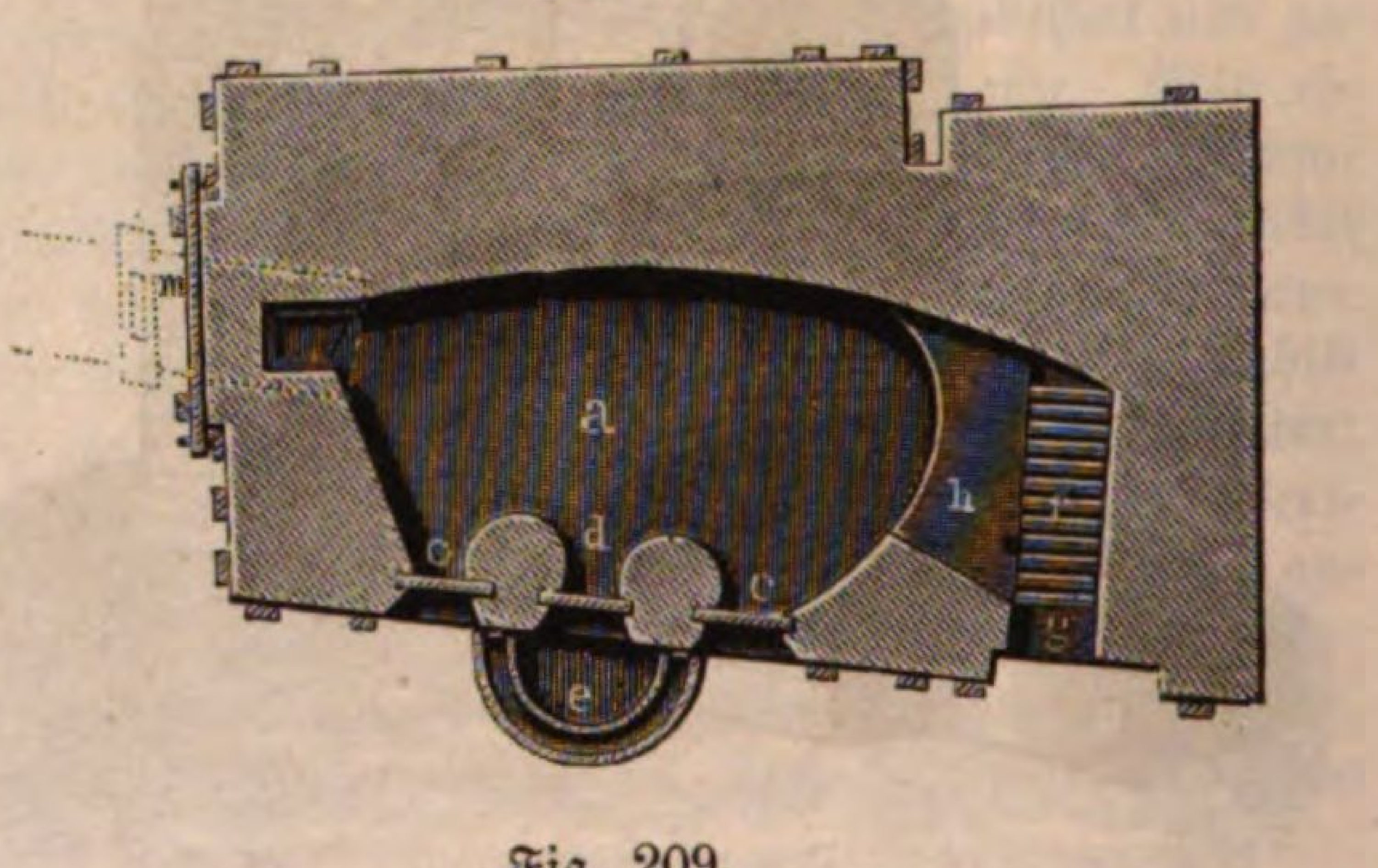
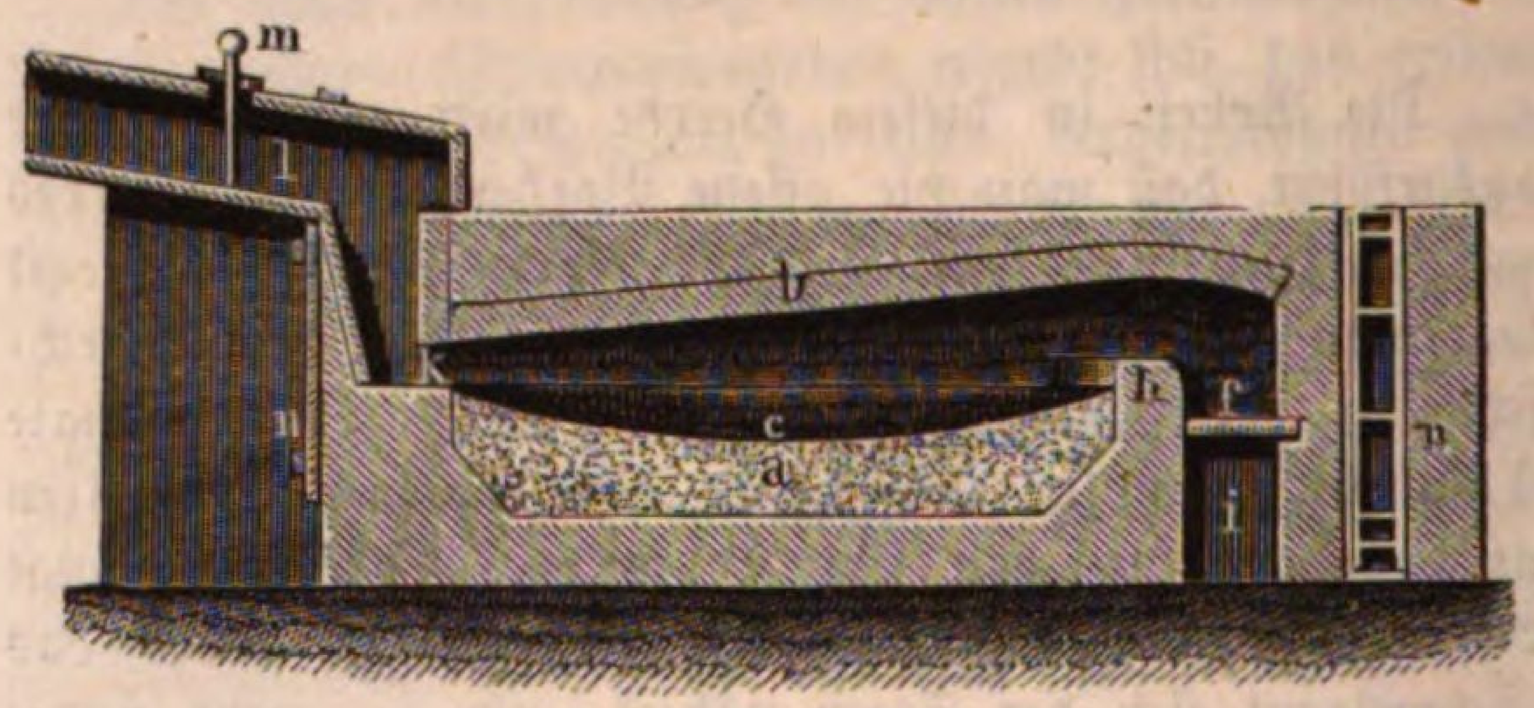


Fig. 209.



aus Thon aufgestampften Heerd a von 12 Fuß Länge, 5 Fuß 9 Zoll Breite in der mittleren Arbeitsthür und 5 Fuß 6 Zoll Breite an den beiden anderen Arbeitsthüren c. Das Heerdgewölbe b liegt in der Mitte 2 Fuß 4 Zoll, am Fuchs 10 Zoll über dem Heerd und 8 Zoll über der 2 Fuß 2 Zoll langen und 5 Fuß 6 Zoll breiten Feuerbrücke h. Der Rost f befindet sich 2 Fuß 7 Zoll unter dem Gewölbe, ist 18 Zoll lang und 5 Fuß 8 Zoll breit. g Schürloch, 18 Zoll breit. i Aschenfall. k Fuchs. l Esse von 1 Fuß 6 Zoll Quadrat. m Register. n Verankerung. d Sumpf. e Stechheerd. Den aus Thon geschlagenen Heerd des Ofens läßt man etwa 2 Monate an der Luft austrocknen, wärmt ihn dann vorsichtig ab und bringt darauf etwa 10 Ctnr. Bleiglanz allmälig zum Schmelzen, damit sich der Heerd mit Schwefelblei tränkt. Nach 24 Stunden wird das nicht Eingesogene aus dem Ofen gezogen und allmälig verstärkte Ladungen so bearbeitet, wie es der Proceß erheischt. Mit dem neunten Posten erhält der Ofen gewöhnlich seine volle Ladung von 26 Ctnr., $^2/_3$ davon kommt vor die Feuerbrücke, $^1/_3$ an die Fuchsseite. Nachdem das Eintragen innerhalb $^1/_2$ Stunde beendigt, feuert man etwa $1\,^1/_2$ Stunden schwach, wobei sich auf dem Röstgut eine $1\,^1/_2$ bis 2 Zoll starke Kruste von schwefelsaurem Bleioxyd und Bleioxyd bildet (erste Periode). Bei bis zum Braunroth erniedrigter Temperatur zerschlägt man die Kruste, mengt sie mit Spateln unter das

Röstgut und translocirt dieses unter stetem Wenden, indem man abwechselnd vor allen drei Arbeitsthüren arbeitet. Man läßt sich dann abermals eine Kruste von Bleivitriol bilden, mengt diese unter das Röstgut und beobachtet, ob dasselbe zu kleinen Klumpen zusammenbackt und kleine Bleitropfen (wie beim kärnthner Proceß gebildet) sich zeigen. Damit ist die etwa 4 Stunden dauernde zweite oder die Röstperiode beendigt und es beginnt die dritte Periode der Werkebildung.

Es hat sich nämlich in der zweiten Periode durch Einwirkung des schwefelsauren Bleioxyds auf den noch unzersetzten Bleiglanz viel Bleioxyd gebildet, welches in dieser Periode reducirt werden soll.

Zu diesem Zwecke steift man das Röstgut mit Kohlenklein an, arbeitet dann 4 bis 5 Stunden lang kurze Holzknüppel in das Röstgut ein und läßt das dabei reducirte Blei in den Sumpf laufen, woraus dasselbe in den Stechheerd abgelassen und durch Umrühren mit Holzgenist gereinigt wird. Dann steigert man unter fortgesetztem Einmengen von Holz und Wenden des Röstgutes die Temperatur und sticht in Zeiträumen von $1\frac{1}{2}$ Stunden zum zweiten und dritten Male Blei aus dem Sumpfe ab. Dann behandelt man das Erz von der Fuchsseite bei hoher Temperatur vor der Feuerbrücke, um noch das letzte Blei zu erhalten, und zieht nach im Ganzen 16stündiger Arbeit die Rückstände aus, nachdem man zuvor den Heerd ausgebessert hat.

Der Bleiverlust schwankt zwischen 3,8 und 6,6 Proc. gegen die Anlage an Blei. Das Feuern geschieht mit Steinkohlen oder Holz. Reducirt man das Brennmaterial nach dem Gewichte auf Holzkohlen, wobei ein Ausbringen von 20 Proc. Kohle aus dem Holze angenommen wird, so verschmilzt man mit einem Gewichtstheil Kohle 2 bis 3,5 Th. Erz.

Man erhält bei diesem Processe nachstehende Producte:

a) Werkblei, welches abgetrieben wird.

b) Rückstände mit 20 bis 30 Proc. Blei und $\frac{1}{3}$ Loth Silber im Centner. Dieselben werden entweder in 5 bis 10 Fuß hohen Schachtöfen mit Eisenfrischschlacken und armen Erzen, oder in einem Flammofen mit geneigtem Heerd (Four Viennois) mit silberhaltigem Eisenstein, Quarz und 10 Proc. Roheisen auf Werkblei mit 16 Loth Silber im Centner verschmolzen. Man verschmilzt in 24 Stunden 84 Ctnr. Beschickung im Flammofen, im Schachtofen weniger, erhält aber in letzterem ärmere Schlacken und geringeren Bleiverlust.

c) Rauch aus den Condensationsräumen mit 38 bis 40 Proc. Blei und $\frac{1}{2}$ Loth Silber, wovon etwa 1 bis 2 Proc. vom Erz erfolgen. Man verschmilzt in 12 Stunden 16 Ctnr. davon im Flammofen wie gewöhnliches Erz, nur bleibt die vierstündige Röstperiode weg.

d) Heerd vom Flammofen, mit Schwefelblei imprägnirt; wird alle $1\frac{1}{2}$ Jahr ausgeräumt und mit den Rückständen im Schachtofen verschmolzen.

Bei einer Vergleichung der verschiedenen Flammofenprocesse ergeben sich nach Cahen nachstehende Resultate:

	Wales und Yorkshire.	Derbyshire.	Binsfeld Hammer.	Poullaouen.	Corphalie.	Bleiberg bei Aachen.	Nouvelle Montagne.	Holzappel.
Gewicht der Charge ... Kil.	1000	800	1000	1300	1400	2000	600	1300
Chargendauer ... Stunden	6	6	9	16	16	12	12	12
Verarbeitetes Erz in 24 Stunden ... Kil.	4000	3200	2667	1950	2100	4000	1200	1950
Tägliche Production in einem Ofen ... Kil.	2520	1984	1024	917	1153	2200	724	980
Gehalt des Bleiglanzes ... Proc.	78	70	68,8	66	68,49	80	70	62,9
Directes Ausbringen ... Proc.	63	62	38,4	47	54,9	55	60,33	50,3
Weiße Schlacken u. Rückstände v. 100 Kil. Erz Kil.	25	12	42,4	33	35,6	32	18,3	30,82
Gehalt beider ... Proc.	40	30	64,8	39	22,3	66	26	25
Blei in den weiß. Schlacken v. 100 Kil. Erz .. Kil.	10	3,6	27,36	12,54	7,94	21,12	4,75	77
Rauch von 100 Kil. Erz ... Kil.	?	?	3,5	?	5,84	4,10	?	2,00
Gehalt des Rauches ... Proc.	—	—	40	—	30	42	—	29,58
Bleigehalt im Rauch von 100 Kil. Erz ... Kil.	—	—	1,40	—	1,75	1,72	—	0,59
Ganzes Ausbringen ohne das im Rauch ... Kil.	73,0	65,6	65,8	59,5	62,84	76,12	65,08	58,00
Verlust auf 100 Kil. Erz im Flammofen allein Kil.	3,5	2,9	1,6	5,0	3,89	2,16	3,50	4,3
Verlust auf 100 Kil. Blei im Erz ... Kil.	4,48	4,14	2,32	7,57	5,67	2,70	5,00	6,83
Brennmaterial in 24 Stunden ...	2000	2000	2000	$4\frac{1}{2}$ m^3 Holz. 450 Kil. Steink.	1200	1400	600	1040 Kil. Steink. 20,6 Kil. Holzk. 0,418 m^3 Holz.
Desgl. auf ‰ Kil. behandelten Bleiglanz ...	500	656	750	808 Kil. Holz. 135 Kil. Steink.	5,70	350	500	590 Kil. Steink. 15 Kil. Holzk. 0,279 m^3 Holz.
Desgl. auf % Kil. Blei ...	80	100	200	379 Kil. Holz. 63 Kil. Steink.	100	64	83	295 Kil. Steink. 75 Kil. Holzk. 0,139 m^3 Holz.
Werth des Brennmaterials auf ‰ Kil. behandelten, à Ton. Steink. zu 100 Fr. .. Fr.	5,00	6,56	7,50	8—9	5,70	3,50	5,50	13,00
Arbeitslöhne für 24 Stund. à Tag 2,5 Fr. .. Fr.	10,00	10,00	10,00	10,00	17,50	20,00	10,00	10,00
Arbeitslöhne auf ‰ Kil. Bleiglanz ... Fr.	2,50	3,10	3,75	5,13	8,33	5,00	8,33	5,13

Vergleicht man einen Flammofenbetrieb, bei welchem arme Rückstände (S. 874) für den Schachtofen fallen (a), und einen solchen bei reichen Rückständen (b) mit der Röstreductionsarbeit im Schachtofen (c), wobei die Erze beim Rösten im Flammofen unter Quarzzuschlag zum Fritten gebracht sind, so ergiebt sich Nachstehendes:

		a.	b.	c.
Bleiverlust	Kil.	58,10	42,91	66,50
Preis dieses Bleies (à 50 Fr. %)	Fr.	29,05	21,95	33,25
Schmelzkosten	Fr.	33,41	25,05	27,53
Summa der Kosten und des Verlustes		62,46	47,00	60,78

Danach ist die zweite Methode, wie sie z. B. zu Bleiberg, Corphalie und Pravon (S. 910) ausgeführt wird, die vortheilhafteste und die dritte der ersten vorzuziehen.

B. Gewinnung von Blei aus Bleiglanz, welcher Erden, namentlich Kieselerde, aber wenig oder gar keine fremden Schwefelungen enthält. Alle Erze, welche sich wegen eines zu großen Gehalts an Erden, namentlich an Kieselerde und fremden Schwefelungen für den Flammofen nicht eignen, verschmilzt man in Gebläseschachtöfen, und zwar, je nachdem die Erze wenig oder viel fremde Schwefelungen beigemengt enthalten, durch die Niederschlagsarbeit, die Röstreductionsarbeit und die vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit.

Vergleichung des Schachtofen- und Flammofenbetriebes. Während Flammöfen ihre Hauptdimensionen nach der Länge haben, erstrecken sie sich bei Schachtöfen nach der Höhe.

Erstere haben vor letzteren eine größere Uebersichtlichkeit des Betriebes, die Anwendbarkeit rohen Brennmaterials und die Entbehrlichkeit eines Gebläses voraus, gestatten auch ein größeres Durchsatzquantum, geben aber eine nicht so große Hitze als die Schachtöfen, in denen meist verkohlte Brennmaterialien mit hohem pyrometrischen Wärmeeffecte in einem kleineren Raume bei Zutritt von gepreßter Luft verbrennen.

In Flammöfen wird das Brennmaterial weniger vollständig ausgenutzt als in Schachtöfen, in welchen letzteren die vor der Form erzeugten heißen Gase das zu verschmelzende Erz vorwärmen.

Construction der Schachtöfen. Die Schachtöfen sind von vier Mauern eingeschlossen, der Vorwand (Vorder- oder Stirnwand), der Hinterwand (Formwand, Brandmauer) und den beiden Seitenwänden (Ulmen, Wangen). Die Sohle des Ofens bildet der Sohlstein, welcher zum Schutz gegen die auflösende Wirkung der Schmelzmassen mit einer Lage Schlacken, darauf Lehm und zu oberst Gestübbe, einem Gemenge von Kohlengestübbe und Lehm oder Thonschiefermehl, überkleidet ist.

Von den genannten vier Wänden bleibt die Vorwand bis zum Beginn des Schmelzens theilweise offen, um durch diese Oeffnung Schlacken, Lehm und Gestübbe zur Bildung der Schmelzsohle (das Zumachen, Zustellen) einbringen zu können. Den unter der unteren Kante der Vorwand liegenden Ofentheil nennt man Brust, und zwar hat man Oefen mit geschlossener und offener Brust, je nachdem die Vorwand bis ganz ins Gestübbe hineingeht oder zwischen Gestübbe, Sohle und Vorwandkante eine Oeffnung (Spur, Auge) bleibt, durch welche die geschmolzenen Massen ausfließen können.

Die Hinterwand enthält gewöhnlich in einiger Entfernung über dem Sohlstein eine oder mehrere Oeffnungen (Formöffnungen) zur Aufnahme der eisernen oder kupfernen Formen, in welchen die gewöhnlich durch einen Lederschlauch beweglich gemachte Düse liegt. Diese steht mit dem Gebläse in Verbindung und führt den Wind durch die Form in den Ofen. Die Lage der Form ist auf den Schmelzgang von großem Einfluß, ob sie in den Ofen hineinragt oder mit der Hinterwand egal, ob sie horizontal, ansteigend oder geneigt (stechend) liegt. Gewöhnlich ist sie bei Bleiöfen horizontal oder geneigt.

Man unterscheidet je nach der Anzahl der Formen ein- und zweiförmige Bleiöfen, nennt letztere auch wohl Doppelöfen (Fig. 229 bis 231), wenn der Ofenschacht durch einen bis über die Form reichenden Schachtscheider in zwei Abtheilungen getheilt ist. Doppelöfen gewähren bei erhöhter Production eine Ersparung an Arbeitslöhnen, zuweilen auch an Brennmaterial, ohne daß sich das Ausbringen vergrößert.

Das Ofengemäuer zerfällt in zwei Theile, einen inneren, aus mehr feuerfestem Material dargestellten (Kernschacht, Futter) und einen äußeren, weniger feuerfesten (Rauhgemäuer, Mantel). Zwischen beiden läßt man wohl einen Zwischenraum (die Füllung), welcher mit schlechten Wärmeleitern gefüllt wird. Dadurch wird die Wärme zusammengehalten und das Rauhgemäuer durch die Ausdehnung des Kernschachtes nicht afficirt. Durch Verankerung giebt man dem Gemäuer die erforderliche Festigkeit.

Den Theil des Schachtes unter der Form nennt man Schmelzraum, Heerd, den weitesten Theil des Schachtes Kohlensack oder Bauch und die obere Oeffnung des Ofens Aufgebeöffnung oder Gicht.

Nach ihrer Höhe theilt man die Schachtöfen in Hohöfen von 14 bis 50 Fuß, Halbhohöfen von 7 bis 14 Fuß und in Krummöfen von 4 bis 7 Fuß Höhe.

Hohe Oefen geben eine höhere Temperatur als niedrigere, weil die im Schmelzraume vor der Form erzeugte Hitze durch die aufsteigenden Gase vollständiger an die Schmelzmaterialien abgegeben wird und diese dadurch besser vorbereitet vor die Form gelangen als in niedrigen Oefen. Strengflüssige Erze, namentlich wenn sie fest und nicht sehr zerreiblich sind, erfordern deshalb höhere Oefen als leichtflüssige. Wollte man für letztere zu hohe Oefen anwenden, so würde in Folge der gesteigerten Temperatur die Bleiverflüchtigung größer werden und es können sich außer Bleioxyd Metalloxyde reduciren, deren Radicale ins Blei gehen oder durch Bildung von Ansätzen (Sauen, Bühnen) auf der Heerdsohle

den Schmelzgang stören. So wendet man z. B. zum Schmelzen des ungerösteten, von Quarz, Kalkspath, Zinkblende etc. begleiteten Bleiglanzes (Oberharz) höhere Oefen an als beim Verschmelzen von geröstetem Bleiglanz, welcher durch einen Gehalt an oxydirtem Eisen leichtflüssiger und von Kupferoxyd, Antimonoxyd etc. begleitet ist (Unterharz). Wollte man Erze von letzterer Beschaffenheit in höheren Oefen verschmelzen, so würden sich neben Bleioxyd auch die anderen Oxyde theilweise reduciren und ins Blei gehen (Kupfer, Antimon), theils aber Eisensauen sich bilden. Zinkische Erze erfordern niedrigere Oefen, als zinkfreie, damit sich das Zink großentheils durch die Gicht verflüchtigen kann, wodurch der Ofenbruchbildung entgegen gewirkt wird.

Bleiglanz in Schliechform erfordert höhere Oefen als in kleinen Stücken (Graupen, Knörpern), weil der Schliech dichte Schichten bildet, welche von den aufsteigenden heißen Gasen weniger leicht durchdrungen werden. Die Schlieche backen bei ihrem Niedergange im Ofen leicht zusammen, incrustiren das Brennmaterial, erschweren dessen Verbrennung und geben Veranlassung zur Bildung von viel Flugstaub.

Es ist deshalb meist vortheilhafter, die Erze in Knörperform als in Schliechform zu verschmelzen; strengflüssige Begleiter bei geringem Metallgehalt können aber ein Schliechschmelzen erfordern, sowie der Umstand, daß man das Erz in Schliechform aus den Aufbereitungswerkstätten erhält. Durch Einbinden mit Kalk oder durch vorheriges Erhitzen bis zum Zusammensintern wird der Schliechzustand beseitigt.

Eine wichtige Eintheilung der Oefen ist noch die nach ihrem Zumachen oder Zustellen, worunter man die Arbeit versteht, durch welche dem Heerde durch Einbringen der Schlacken-, Lehm- und Gestübbesohle die beim Schmelzen erforderliche Gestalt gegeben wird. Zuweilen fehlt eine der beiden ersteren Lagen.

Das Gestübbe, durch Zusammenpochen von Kohlenklein oder Kohks mit Lehm, Thon, Thonschiefer etc. erzeugt, schützt das Ofengemäuer und den Sohlstein gegen das Wegfressen durch die Schlacke, gestattet ein leichtes Wegräumen der Ansätze, hält als schlechter Wärmeleiter die Hitze zusammen und wirkt wegen seines Kohlengehalts reducirend. Dasselbe wird in angefeuchtetem Zustande mittelst Stampfer und zuweilen Schablonen so auf die Lehmsohle aufgestampft, daß die vor der Form niedergeschmolzenen Massen sich entweder ganz im Ofen (Tiegelöfen), oder außerhalb des Ofens (Spuröfen), oder innerhalb und außerhalb desselben (Sumpföfen) ansammeln und sich separiren.

Bei Tiegelöfen (Fig. 232 bis 235) bildet die Gestübbesohle eine kesselförmige Vertiefung innerhalb des Ofens, aus deren tiefstem Punkte man durch einen verschließbaren Canal (Stich) die geschmolzenen Massen aus dem Ofen in einen Stechheerd ablassen kann. Die Vorwand ist entweder ganz geschlossen bis auf die Stichöffnung, oder es befindet sich im Niveau des Tiegelrandes eine Oeffnung (Auge) in der Vorwand, durch welche die auf dem Metallbade schwimmende Schlacke abfließt, während das Metall etc. durch den Stich abgelassen wird. Man unterscheidet danach Tiegelöfen mit geschlossener Brust (Stichtiegelöfen), oder solche mit offener Brust (Augentiegelöfen). Die Tiegelöfen lassen bei der geschlossenen Vorwand keine Wärme an der Brust entweichen und gestatten deshalb eine gute Ausnutzung des Brennmaterials. Da die in und über dem Schmelzraume gebildeten reducirenden Gase, namentlich Kohlenoxydgas, die Schmelzsäule — ohne Verlust durch die Brust — durchdringen, so findet eine kräftigere Reduction als in Sumpföfen Statt. Eine solche ist unter Umständen erwünscht, oft aber auch nicht, wenn sich Oxyde, z. B. Eisenoxyd, reduciren, welche als solche verschlackt werden sollen. Die dadurch im Innern des Ofens gebildeten Ansätze (Bühnen, Sauen) lassen sich nicht leicht ausräumen, weshalb diese Art Oefen beim Bleischmelzen nur für leichtflüssige Beschickungen in Anwendung kommt, namentlich beim Verschmelzen gerösteter Erze mit Eisenfrischschlacken (Stolberg, Belgien etc.), wo man dann das Auge so weit vergrößert, daß sich durch dasselbe im Heerde gebildete kleinere Bühnen ausräumen lassen. Bei dem großen specifischen Gewicht eisenreicher Schlacken findet in Tiegelöfen bei der innerhalb des Heerdes herrschenden höheren Temperatur eine vollständigere Separation von Bleistein Statt, als wenn diese, wie bei Spuröfen und theilweise auch bei Sumpföfen, außerhalb des Ofens vor der Vorwand stattfindet.

Bei den Spuröfen fließen die vor der Form niedergeschmolzenen Massen auf der geneigten Ofensohle durch ein oder mehrere Augen in der Vorwand sogleich aus dem Innern des Ofens und sammeln und separiren sich außerhalb desselben in einem Tiegel (Spurtiegel). Dabei liegt das Auge (Kupferfrischofen, s. Silber) oder die Augen (Brillenofen zum Kupfererzschmelzen) entweder über dem Spurtiegel oder dasselbe mündet am Boden des Tiegels ein, wie bei manchen Glättfrischöfen (Fig. 237 u. 238), sowie bei Tarnowitzer Bleiöfen, wonach man Spuröfen mit offenem und mit verdecktem Auge unterscheidet. Die Spuröfen gestatten ein rasches Schmelzen und eine kräftigere Reduction als die Sumpföfen, weil in ihnen die Hitze und die reducirenden Gase mehr zusammengehalten werden. Es kann aber die aus dem Ofen unablässig abfließende Masse demselben mehr Wärme entziehen, als er dadurch gewinnt, daß die geschlossene Brust den Gasen den Austritt erschwert; auch die feurigflüssige Sohle im Sumpfofen während des Schmelzens trägt zur Brennmaterialersparniß bei. Die Spuröfen eignen sich besonders da, wo man das reducirte Metall schnell dem Einfluß der Gebläseluft entziehen muß, um dessen Oxydation zu vermeiden, z. B. beim Glättfrischen zur Darstellung von Blei. Zum Verschmelzen der Bleierze sind diese Oefen weniger im Gebrauch, weil man die sich auf dem Heerde etc. bildenden Ansätze nicht gehörig ausräumen kann und die Separation von Schlacken, Lech und Blei im Vortiegel vor dem Ofen weniger scharf vor sich geht, da diese Producte hier der Abkühlung und raschen Erstarrung mehr ausgesetzt sind als im inneren Ofenheerd (Tarnowitz in Schlesien). Kommt es darauf an, die Luft vollständig von dem Metall außerhalb des Ofens abzuschließen, so wendet man Tiegelöfen mit verdecktem Auge an, wobei das Metall von Schlacke im Tiegel bedeckt wird, z. B. beim Tarnowitzer Erzschmelzen und beim Oberharzer Glättfrischen.

Die Sumpföfen haben den Sammelraum, Sumpf, für die geschmolzenen Massen sowohl innerhalb als außerhalb des Ofens, so daß zwischen dem inneren und äußeren Heerdtiegel unter der Vorwand eine communicirende Oeffnung (Spur) im Gestübbe sich befindet. Der Tiegel vor der Vorwand wird in Gestübbe geschlagen, welches durch eiserne Platten (Vorheerd) zusammengehalten wird. Aus dem tiefsten Punkte des Sumpfes kann man das Metall durch einen Canal (Stich) in einen Stechheerd von Zeit zu Zeit ablassen, während die Schlacke oben aus dem Heerdtiegel über die geneigte, aus Gestübbe geschlagene Schlackentrifft oder in gußeisernen Rinnen abfließt. Solche Oefen sind bei den Bleihüttenprocessen meist in Anwendung (Fig. 210, 214, 227, 230), da sie ein Ausräumen der Ansätze im Heerde durch die Spur zulassen. Bei der offenen Brust entweicht Wärme und Blei durch dieselbe.

Das Messen der Höhendimensionen bei Sumpföfen geschieht gewöhnlich von der oberen Kante des den Vorheerd umschließenden Heerdbleches, Bleches, ab, weil diese Kante unverrückbar ist, während die Lage des Sohlsteins sich ändern kann.

Was die Gestalt der Schachtöfen betrifft, so bildet diese im Querschnitt gewöhnlich ein Oblongum oder ein Trapez, selten einen Kreis (Fig. 234 u. 235); es kommen jedoch auch complicirtere Ofengestalten vor. Nach Vogl giebt es für Bleiöfen nur eine Construction, welche je nach Local- und Manipulationsverhältnissen nur geringen Veränderungen unterworfen sein kann. Derselbe bezeichnet als wesentliche Momente, welche ein möglichst großes Ausbringen des zur Verflüchtigung und Verschlackung so sehr geneigten Bleies, neben zweckmäßiger Gattirung und Beschickung und einer zweckmäßigen Leitung des Schmelzprocesses, bedingen:

1) Eine große Tiefe des Ofens, damit auf einem möglichst langen Wege bis zur Schlackenspur Blei und Stein Gelegenheit haben, sich von der Schlacke zu separiren. Bilden sich z. B. leicht Sumpfansätze, so muß man den Ofen weniger tief machen, dann aber auch dem oberen Theile eine geringere Tiefe geben.

2) Eine große Breite an der Brandmauer.

3) Eine große Höhe des Ofens, um eine genügende Decke zu bilden.

4) Einen möglichst stark markirten Unterschied zwischen dem Ofenschacht, der möglichst eng sein soll, und dem weiteren Schmelzraum. Ersterer muß über letzterem jäh verengt werden, damit sich die Hitze im Schmelzraum concentrirt und der obere Theil des Ofens behuf Condensation der Bleidämpfe kühl gehalten wird, welche, wenn sie einmal im Zuge sind, sich durch keine noch so hohe Ofensäule und durch keine noch so niedrige Temperatur mehr aufhalten lassen. Cahen hält diese Vogl'sche Ofenform nicht für richtig und meint, daß der Zweck durch einen weiten Schacht besser erreicht werde.

5) Eine geringe Pressung und Quantität des Windes, welche aber nach der Strengflüssigkeit der Beschickung variirt. Für jede Pressung ist eine bestimmte Höhe der Schmelzsäule erforderlich und es ist die Höhe des Ofens durch die höchste Pressung bedingt, mit welcher in demselben geschmolzen werden soll. Heißer Wind hat sich bis jetzt immer als unvortheilhaft bewiesen.

Bei Erfüllung dieser Bedingungen müssen die Gichtgase so kühl entweichen, daß man es, wenn der Ofen auf zwei Drittel niedergegangen ist, mit den Händen über der Gicht aushalten kann. Bei flammender Gicht entsteht ein Bleiverlust.

Die nach diesen Grundsätzen construirten Bleiöfen zu Joachimsthal haben nachstehende Gestalt (Fig. 210 u. 211): *a* Kernschacht. *b* Rauhgemäuer. *c* Brand-

Fig. 210.

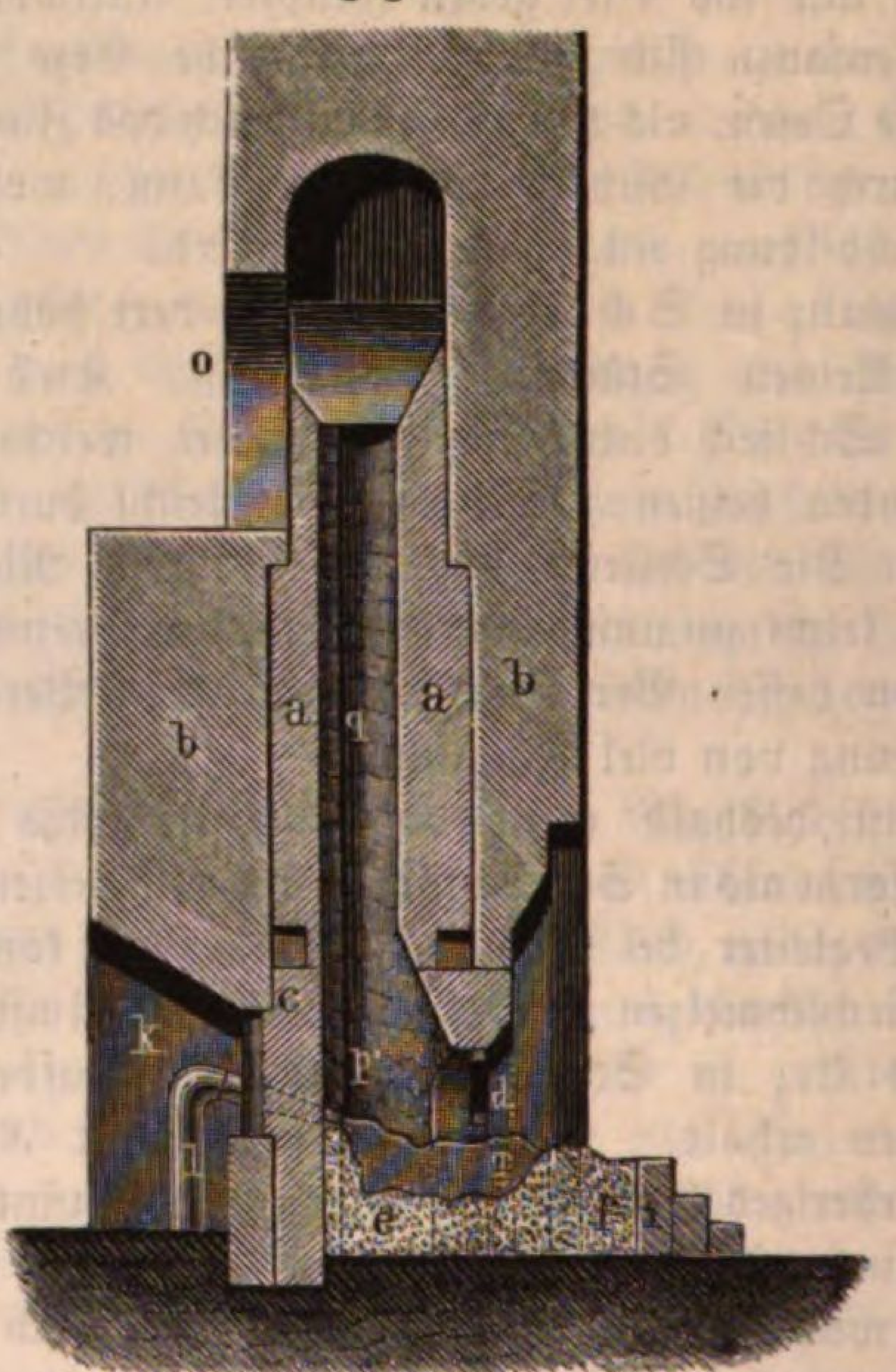
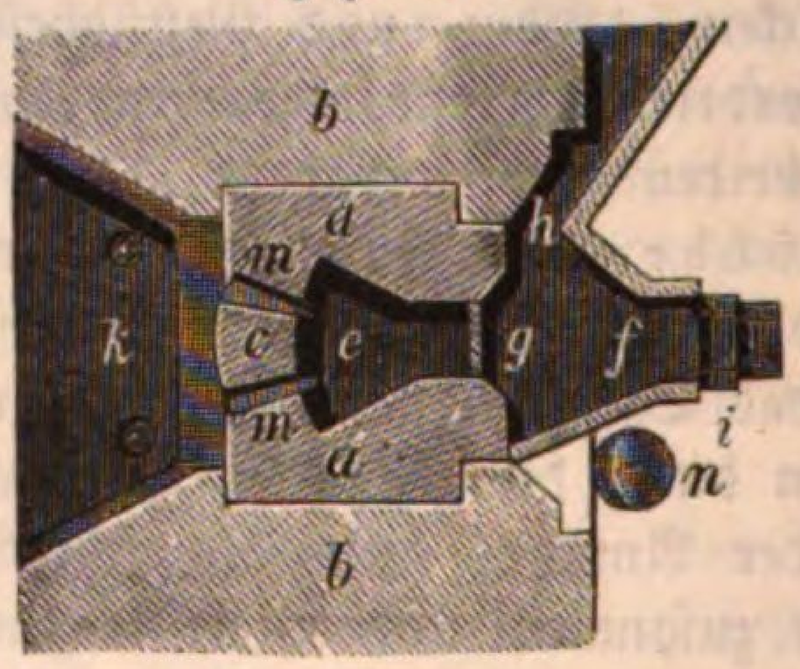


Fig. 211.



mauer. *d* Vorwand. *e* Gestübbeheerd. *f* Vorheerd. *g* Heerdtiegel. *h* Schlackentrifft. *i* Trittsteine. *k* Formgewölbe. *l* Windleitungsrohr. *m* Formen. *n* Stechheerd. *o* Aufgebeöffnung. *p* Bauch. *q* engerer oberer Ofenschacht.

Neuerdings hat Vogl die zweiförmigen Oefen, unter Beibehaltung der bezeichneten Form, in einförmige umgewandelt und denselben einen höheren und engeren Ofenschacht gegeben.

Die Schmelzöfen von den hauptsächlichsten Bleihüttenwerken haben nach Vogl nachstehende Dimensionen (der Unterschied der Tiefen oben und unten bezieht sich auf den Unterschied zwischen dem Schmelzraum vor der Form und dem höheren Ofenschacht, und unter Windzug wird die Geschwindigkeit des Windstromes pro Minute im Schmelzraume verstanden. Da wohl zwei Drittel des letzteren die Beschickung einnimmt und somit für den Durchgang des Windes nur ein Drittel hohler Raum bleibt,

so ist der nur vergleichsweise geltende Windzug, welcher nebst der Temperatur von größtem Einfluß auf den Bleiverbrand ist, der Quotient von der Quantität des Windes und eines Drittels des Querschnittes vom Schmelzraume):

	Joachimsthal.	Harz.	Schlesien.	Freiberg.	Przibram, ältere Oefen.	Schemnitz.
Tiefe .... österr. Zoll	50	39	36	42	36	42
Breite .... Zoll	48	28	28	64	26	48
Ganzer Querschnitt bei der Form .... Zoll	10½	6½	6½	12¼	6¼	8
Halber Querschnitt bei der Form .... Zoll	3½	2	2	4	2	2⅔
Anzahl der Formen	2	2	1	2	1	2
Höhe von der Form bis zur Gicht .... Fuß	20¼	17	17¼	10	9½	13
Unterschied der Tiefen oben und unten ..... Zoll	23	allmälig enger	—	allmälig enger	—	—
Windpressung .... Linien	6	7½	—	1¾	4¼	7
Windquantität pro Minute .... Cubikfuß	280	353	237	157	85	228
Windzug	80	176	118	39	43	85
Bleiabgang .... Proc.	—	?	?	9	16	17

Die in vorstehender Tabelle aufgeführten Bleiöfen haben entweder eine gerade reguläre prismatische Gestalt (Przibram, Schemnitz) oder eine solche mit unregelmäßigen Flächen, wie der Joachimsthaler Fig. 210 u. 211, der Harzer Fig. 212 bis 214, und der Freiberger Doppelofen Fig. 229 bis 231. Bei den **Oefen mit regelmäßig prismatischer Gestalt**, wie z. B. bei dem Unterharzer Ofen Fig. 226 und 227, verbrennen die Kohlen an der Vorwand vergeblich, die Erzschichten drängen sich leicht nach vorn, wodurch sich eine reichere Schlacke bildet und die Hitze sich bis zur Gicht hinauf verbreitet.

Bei den nach oben sich verengenden **Oefen mit unregelmäßiger Gestalt** zeigt sich das Bestreben nach einer Ersparung an Brennmaterial, nach Verminderung des Bleiabganges oder nach Erhöhung der Production. Naturwidrig ist der gewöhnlich immer noch vorwaltende trapezoidale Querschnitt bei der Form mit den spitzen Winkeln an den Ulmen; ganz runde oder elliptische Oefen mit einander so ziemlich gegenüberstehenden Düsen haben sich in Schemnitz gar nicht bewährt; wohl aber zu Joachimsthal die theilweise runde Form. Der Halbmesser des Kreisbogens an der Form, welcher beim Joachimsthaler Ofen nur 3 Fuß beträgt, könnte auf 2½ oder 2¼ Fuß herabgesetzt und somit das Centrum noch mehr gegen die Mitte des Querschnitts gebracht werden.

Der **Harzer Ofen** (Fig. 212 bis 214) hat im Vergleich mit dem Joachimsthaler viel Zweckentsprechendes, er ist ziemlich tief und hoch und verengt sich nach der Gicht zu. In Folge des engen Querschnittes an den Formen und der großen Windmenge entsteht aber eine sehr hohe Temperatur, welche sich nach oben weit hinauf verbreitet und den Bleiverlust vergrößert. Bei dem bedeutenden Windzuge und bei der Schliechform der Erze entsteht viel Flugstaub.

Beim **schlesischen Ofen** empfiehlt sich zwar die Höhe, aber die prismatische Gestalt, verbunden mit zu geringem Querschnitt an der Form und zu großem Windzuge, führt Nachtheile herbei, welche noch durch die Art des Zumachens (S. 921) vermehrt werden.

Die **Freiberger Doppelöfen** (Fig. 229 bis 231) haben eine bedeutende Tiefe und Weite; Windmenge, Windpressung und Windzug sind sehr gering und durch die Verengung des Ofenschachtes und das Anbringen eines Schachtscheiders wird die Hitze mehr zusammengehalten. Mangelhaft ist die allmälige, nicht hinreichend jähe Verengung des Schmelzraumes nach oben und die Neigung der Brandmauer in der Formgegend nach vorwärts, wodurch man derselben gleich anfangs eine Gestalt hat geben wollen, welche sie nach einiger Zeit durch Ausbrennen von selbst annimmt. Es wird dadurch aber das Halten einer Nase (S. 928) erschwert und der Bleiverlust vergrößert, indem der Satz an der Brandmauer weniger dicht liegt und das Blei weniger dem Windstrom entzogen wird, als bei einer senkrechten oder besser nach rückwärts geneigten Brandmauer.

Der geringe Bleiabgang beim Freiberger Schmelzproceß hat seinen Grund außer in der Ofenconstruction hauptsächlich in dem günstigen Erzvorkommen (Bleiglanz und Schwefelkies fast zu gleichen Theilen).

Der ältere **Przibramer** Ofen hat die Nachtheile der regulär-prismatischen Oefen, ist außerdem zu wenig tief, an der Rückseite zu schmal, zu niedrig und bis zur Gicht gleich weit, weshalb an der Gicht eine die Bleiverflüchtigung begünstigende hohe Temperatur herrscht. Die Windverhältnisse sind befriedigend. Neuerdings sind zweiförmige Oefen von der **Vogl**'schen Construction in Anwendung gekommen.

Der **Schemnitzer** Ofen hat, wie die hohe Temperatur an der Gicht beweist, die damit in Verbindung stehenden Nachtheile des Przibramer Ofens, ist aber, was günstig wirkt, breiter und tiefer, hat einen größeren Querschnitt, einen geringeren Windzug und größere Höhe. Wenn unter diesen günstigen Verhältnissen der Bleiverlust doch dem Przibramer gleichkommt (17 Proc.), so hat dies seinen Grund in den Geschicken, welche schwieriger wie die Freiberger und Przibramer zu verhütten sind. Das Erz enthält viel Quarz, weniger Kies, sonst aber mehr unliebsame Schwefelungen und halb so viel Blei als die Freiberger und Przibramer Erze.

Ob die **Rachette**'schen Normal- und Universalöfen, welche beim Eisen- und Kupfererzschmelzen am Ural sich

wohl bewährt haben, sich auch zum Verschmelzen der Bleierze eignen, ist noch durch Versuche (Altenauer Hütte auf dem Oberharz) festzustellen.

Arbeiten beim Schachtofenschmelzen. Beim Verschmelzen der Bleierze in Schachtöfen kommen nachstehende hauptsächliche Arbeiten vor:

1) Das Gattiren der in Schlich- oder Knörperform angelieferten rohen oder gerösteten Erze zur Erzielung eines mittleren Metallgehalts, bei dem sich das Metallausbringen erfahrungsmäßig am günstigsten stellt. Auf den verschiedenen Hüttenwerken ist dieser durchschnittliche Metallgehalt verschieden. Das Gattiren geschieht auf die Weise, daß man dünne Lagen verschiedener Erze über einander ausbreitet und dann von dem Haufen mittelst senkrechter Durchstiche jedesmal so viel wegnimmt, als für eine bestimmte Schmelzzeit (Schicht) erforderlich ist.

2) Das Beschicken, welches darin besteht, daß man die gattirten Erze in horizontalen Lagen mit gewissen Zuschlägen vermengt, welche die in den Erzen enthaltenen erdigen Bestandtheile auflösen und verschlacken (Quarz, Thonschiefer, saure und basische Schlacken, Kalk), oder das darzustellende Metall abscheiden sollen (Eisen zur Zerlegung von Bleiglanz, bleiische Vorschläge zur Aufnahme des Silbers), oder man will Abfälle von Schmelzprocessen mit noch nutzbarem Metallgehalt gelegentlich mit zugutemachen (reiche Schlacken, unreine Producte von der Treibarbeit, wie unreine Glätte, Abstrich, Heerd).

Stöchiometrische Berechnungen sind bei Zusammensetzung der Beschickung von Nutzen.

Das Beschicken geschieht gewöhnlich neben der Gicht des Ofens auf dem Beschickungs-, Vormaß- oder Gichtboden, und man nennt die Quantität beschickten Erzes, welche in einer gewissen Zeit, gewöhnlich in 12 Stunden, zum Verschmelzen kommt, Schicht, Vormaß oder Vorlauf. Sind Schliche zu beschicken, so bindet man sie wohl vorher mit Kalk zu festen Stücken ein.

3) Das Zumachen oder Zustellen des Schmelzofens nach Art eines Sumpf-, Spur- oder Tiegelofens, je nach dem vorliegenden Zwecke oder nach Gewohnheit (S. 921). Nach dem Zumachen wird der Ofen durch die Vorwand geschlossen.

4) Das Abwärmen und Anblasen des Ofens. Man thut auf die Ofensohle, den Vorheerd und Stechheerd glühende Kohlen, um die Feuchtigkeit auszutreiben, füllt dann allmälig den Ofenschacht mit Brennmaterial an, setzt das Gebläse in Gang und giebt auf das Brennmaterial geringe Quantitäten leichtflüssiger Schlacken oder Beschickung. Letztere wird dann nach und nach auf das Maximum gebracht, welches eine bestimmte Menge Brennmaterial zu schmelzen vermag.

5) Das Chargiren, Setzen oder Aufgeben von Beschickung und Brennmaterial durch die Gicht in den Ofen. Man nennt die Menge Brennmaterial und Erz, welche jedesmal in den Ofen kommt, eine Charge oder Gicht, die Beschickung allein wohl Satz, sowie die vom Ofengang abhängende Veränderung des Satzes Satzführung.

Man nimmt gewöhnlich die Brennmaterialgicht constant an, dem Gewicht oder Volumen nach, und verändert nach dem derzeitigen Ofengange die Beschickungsmenge.

Beim Verschmelzen der Bleierze geschieht die Anordnung des Brennmaterials und der Beschickung in der Weise, daß letztere in Trögen an die Formwand, ersteres in Schwingen oder Körben an die Vorwand geschüttet wird. Es entsteht dadurch im Ofen eine separirte Beschickungs- und Brennmaterialsäule, welche letztere beim Verbrennen vor der Form so viel Hitze giebt, daß eine Schmelzung der Beschickung eintreten kann. Wollte man Erz und Brennmaterial in horizontalen Schichten aufgeben, wie dies im Eisenhohofen geschieht, so würde die Hitze und damit die Bleiverflüchtigung leicht zu groß werden. Einer gleichmäßigen Reduction durch Kohlenoxydgas bedarf es in den Bleiöfen weit weniger, als in Eisenhohöfen.

Als Brennmaterial wendet man bei der Bleiarbeit meist Holzkohlen und Kohks, seltener magere Steinkohlen (Tarnowitz) an. Andere unverkohlte Brennstoffe veranlassen gewöhnlich ein unregelmäßiges Schmelzen und bedeutende Bleiverflüchtigung. Das Schmelzen mit Kohks geht langsamer als mit Holzkohlen, man kann aber auf Kohks mehr Beschickung setzen.

Die obige Art des Aufgebens von Brennmaterial und Beschickung in getrennten verticalen Säulen hat meist ein Schmelzen mit der Nase zur Folge. Unter Nase versteht man eine aus erstarrter Beschickung erzeugte röhrenförmige Verlängerung der Form, auf welche sich in Gestalt eines Dreiecks Beschickung in fester oder halbgeschmolzener Gestalt mehr oder weniger im Ofenschacht hinauf auflegt. Mittelst einer solchen Nase ist man im Stande, die Form vor dem Wegschmelzen zu schützen und den Wind und somit den Schmelzpunkt im Ofen zu verändern. Durch Aufgeben von mehr oder weniger Beschickung auf die constante Kohlengicht ist man im Stande, die Nase kürzer oder länger zu führen. Eine helle kurze Nase deutet auf höhere Temperatur im Ofen, als eine lange dunkle Nase. Gewöhnlich geht die Länge derselben nicht über 18 bis 20 Zoll, meistens ist sie 12 Zoll lang. Bei Wasserformen braucht die Nase zum Schutze derselben weniger lang zu sein als bei Trockenformen.

Außer von der richtigen Ofenconstruction und einer zweckmäßigen Beschickung hängt der Gang des Ofens und das Metallausbringen hauptsächlich von der im Ofen herrschenden Temperatur, und letztere wieder von dem relativen Verhältniß zwischen Erz und Brennmaterial ab. Eine zu hohe Temperatur giebt sich durch eine kurze helle Form, sowie durch ein Flammen der Gicht zu erkennen. Die dem Ofen entströmenden brennbaren Gase besitzen so viel Temperatur, daß sie beim Heraustreten aus der Gicht in der Luft verbrennen. Eine solche helle Gicht befördert stets die Bleiverflüchtigung und darf gewöhnlich beim Bleischmelzen nicht vorkommen, es sei denn, daß man absichtlich eine höhere Temperatur erzeugen will, um flüchtige Substanzen (Zink, Arsen, Antimon) aus der Gicht zu treiben, welche sonst sich an den Ofenwänden condensiren und die Schmelzung stören würden. Durch Vermehrung des Erzsatzes, weniger gut durch Ausgießen mit Wasser,

kann man eine flammende, helle Gicht in eine dunkle verwandeln.

6) Arbeiten im Heerde, wohin unter Anderm das Ablassen der nutzbaren Schmelzproducte aus dem Heerde, das Abziehen der Schlacken, das Ausräumen erstarrter Ansätze (Sauen, Bühnen) aus dem Heerde, die Erneuerung verschiedener Heerdtheile und die Windstellung gehören.

7) Das Ausblasen oder Ausschuren des Ofens. Kann in einem Ofen durch zu starkes Ausbrennen desselben, durch Ansätze, bei Mangel an Schmelzmaterialien ꝛc. nicht weiter mit Vortheil geschmolzen werden, so schreitet man zum Ausblasen desselben. Man läßt die Masse im Ofen, ohne noch zu chargiren, bis zur Form niedergehen, sticht dann die geschmolzenen Massen aus dem Heerde ab, stößt die Vorwand ein und zieht alles Flüssige und Halberstarrte (Geschur) möglichst heraus. Nach dem Erkalten wird der Kernschacht reparirt und der Ofen von Neuem zugestellt.

Die Zeit, während welcher ein Ofen im Gange war, nennt man Schmelzcampagne oder Hüttenreise. Ihre Dauer hängt hauptsächlich von der Beschaffenheit der Erze und der Schmelzmaterialien, von der Betriebsführung ꝛc. ab und erreicht selten 20 Wochen (Victor-Friedrichs-Hütte), sinkt aber oft bis auf nur 10 Tage (Unterharz).

Zur Beurtheilung des Ofenganges dienen hauptsächlich als Kennzeichen:

1) Die Beschaffenheit der Schlacke, indem man von ihrem Flüssigkeitszustand und dem mehr oder weniger raschen Erstarren auf ihren Silicirungsgrad schließen kann, welcher bei ein und demselben Schmelzproceß nahe derselbe bleiben muß. Je leichter, dünner und rascher die Schlacke aus dem Heerde fließt und je leichter sie unter Zerspringen erstarrt, desto basischer ist sie. Zähefließende und langsam erstarrende Schlacken deuten auf eine höhere Silicirungsstufe. Die Beschaffenheit der Schlacke hängt hauptsächlich von der Zusammensetzung der Beschickung ab.

2) Die Beschaffenheit der Nase hinsichtlich ihrer Länge und Helligkeit, welche man durch die Form gewahren kann und bei ein und demselben Schmelzproceß nahe gleich bleiben muß.

3) Die Beschaffenheit der Gicht, ob sie flammt oder dunkel geht. Auf die beiden letzteren Punkte ist das Verhältniß zwischen Beschickung und Brennmaterial von Einfluß.

Als Mittel zur Veränderung des Ofenganges hat man bei schlechter Beschaffenheit der Schlacke eine Abänderuug der Beschickung durch Zufügen von mehr basischen oder sauren Zuschlägen, oder eine Erhöhung der Temperatur und gehöriges Ausräumen der Ansätze aus dem Heerde (bei Rohgang), bei mangelhafter Nase ein Abbrechen oder Zulegen an Beschickung unter Schwächung oder Verstärkung des Gebläses; bei heller Gicht eine Erhöhung des Erzsatzes. Sonstige Unregelmäßigkeiten im Ofengange können veranlaßt werden durch starke Bildung von Ofenbrüchen (S. 894), welche ein Kippen des Satzes und dadurch das Eintreten roher Beschickung in den Schmelzraum herbeiführen; ein Durchschmelzen der Brandmauer und der Vorwand bei zu kurzer oder zu langer Nase; eine zu bedeutende Erweiterung des Tiegels im Vorheerde u. a.

Schmelzproducte. Als Schmelzproducte, welche sich nach ihrem specifischen Gewichte separiren, können beim Verschmelzen der Bleierze in Schachtöfen erfolgen: Silberarmes Blei oder Werkblei (S. 876), Bleistein (S. 886), Bleispeise (S. 890), Flugstaub und Bleirauch (S. 895), Ofenbrüche (S. 894), Geschur und Gekrätz (S. 899) und Bleischlacken (S. 890).

Niederschlagsarbeit. Nachdem im Vorhergehenden vom Verschmelzen der Bleierze in Schachtöfen im Allgemeinen die Rede gewesen ist, gehen wir zur Betrachtung der dabei vorkommenden einzelnen Fälle über, und zwar zunächst zu der Verhüttungsweise von Bleiglanz, welcher Erden, namentlich Kieselerde, aber wenig fremde Schwefelungen enthält, wie unter B. angegeben worden.

Für solche Erze eignet sich die Niederschlagsarbeit, die Zerlegung des Bleiglanzes durch Eisen und eisenhaltige Substanzen bei gleichzeitiger Verschlackung der vorhandenen Erden durch geeignete Zuschläge. Als Hauptproducte erfolgen dabei Blei oder Werkblei, Bleistein und Schlacken. Der Bleistein sollte eigentlich nur aus Schwefeleisen bestehen, allein dieses hat das Bestreben, sich mit anderen Schwefelmetallen zu Schwefelsalzen zu verbinden, und in Folge dessen enthält der Bleistein stets Schwefelblei, sowie zuweilen Schwefelsilber, Schwefelkupfer ꝛc. in geringerer Menge. In dieser oft reichlichen Steinbildung liegt eine Schattenseite dieses Processes, indem meist umständliche, mit Metallverlusten und großem Materialaufwand verbundene Processe erforderlich sind, die nutzbaren Metalle, wie Silber, Kupfer, Blei ꝛc. aus dem Steine auszuziehen. Da der kostbare Eisenzuschlag in dem Stein und endlich in den Schlacken verloren geht, so ist dieser einfache Schmelzproceß nur dann mit Vortheil auszuführen, wenn der Preis des Bleies den des Eisens bedeutend übertrifft. Vor allen mit vorheriger Röstung verbundenen Bleiarbeiten hat die Niederschlagsarbeit den Vorzug einer größeren Sicherheit beim Verschmelzen des rohen Bleiglanzes, dessen Beschickung nach stöchiometrischen Grundsätzen zusammengesetzt werden kann, während geröstete Erze in ihrer Zusammensetzung mehr variabel sind und dadurch der Erfolg des Schmelzens mißlich wird. Ein im Bleiglanz enthaltener nutzbarer Kupfergehalt sammelt sich bei der Niederschlagsarbeit vollständiger im Stein an als bei den Röstschmelzprocessen, und ein Kieselerdegehalt kann bei dem Vorhandensein von rohem Bleiglanz weniger zur Verschlackung von Blei Veranlassung geben, als der beträchtliche Gehalt an leicht verschlackbarem Bleioxyd in den oxydirten Erzen.

Von schädlichem Einflusse bei der Niederschlagsarbeit ist die Anwesenheit von viel fremden Schwefelungen (Schwefelzink, Schwefelarsen, Schwefelantimon, Schwefelkupfer ꝛc.), welche in erhöhter Tem-

peratur theilweise vom Eisen zerlegt werden. Dadurch wird Eisen unnütz consumirt und die aus den Schwefelungen abgeschiedenen Metalle verunreinigen das Blei (wie Antimon, Arsen, Kupfer) oder verflüchtigen sich und geben zur Bildung von schädlichen Ansätzen im Ofen (Ofenbrüchen) Veranlassung (wie Zink, Antimon, Arsen), oder sie bilden Zwischenproducte (z. B. Antimon- und Arsenspeisen), bei deren weiterer Verarbeitung auf nutzbare Metalle Verluste daran entstehen. Der Stein wird dann auch reich an Schwefelungen, welche immer viel Schwefelblei darin zurückhalten. Bei einem Silbergehalt findet sich dieser hauptsächlich im Blei und im Stein, geht aber auch in andere Producte (Speise, Ofenbrüche, Schlacken rc.) über.

Die Bleierze kommen entweder in Schliechform oder Knörperform zur Verschmelzung (S. 921) und werden, wenn sie in ihrem Metallgehalt verschieden sind, gattirt, dann beschickt. Schon beim Gattiren sucht man die Schlieche in solchem Verhältniß zusammenzubringen, daß ihre erdigen Begleiter sich beim Verschmelzen auflösen und verschlacken. So gattirt man z. B. quarzige Erze mit kalkigen, eisenspäthigen und schwerspäthigen. Bei hoher Temperatur wird der Schwerspath durch Quarz zerlegt und es bildet sich dann nicht sehr strengflüssiges Baryterdesilicat. Beim Beschicken ersetzt man die in der Gattirung noch fehlenden Erdarten durch geeignete basische (Bleistein- und Eisenfrischschlacken) oder saure Schlacken (Schliech- oder Erzschlacken) oder sonstige Verbindungen, so daß die beim Schmelzen zu erzeugende Schlacke sich meist einem Bisilicat nähert. Eine solche Schlacke ist ziemlich strengflüssig und erfordert zu ihrer Bildung eine höhere Temperatur, welche meist bedingt wird durch die Strengflüssigkeit der beigemengten Erden und den Umstand, daß Schwefelblei bei höherer Temperatur durch Eisen vollständiger zerlegt wird, als bei niedriger Temperatur, bei welcher das anfangs gebildete Schwefeleisen mit einem großen Theil Schwefelblei im Stein verbunden bleibt. Da Kohks eine höhere Temperatur geben als Holzkohlen, so fällt der bei Anwendung ersterer erzeugte Bleistein ärmer an Blei aus, als bei Holzkohlen; es kann aber der Schwefelgehalt der Kohks den Steinfall vermehren. Kohks leisten beim Schmelzen von Gräupeln in Bezug auf das Bleiausbringen mehr als bei Schliechen. Da das Blei nicht im oxydirten, sondern im geschwefelten Zustande vorhanden ist, so ist bei der hohen Temperatur eine Verschlackung von Bleioxyd weniger zu fürchten als bei gerösteten Erzen. Weil ein Schmelzen um so reinlicher geht, d. h. sich um so weniger Ansätze (Bühnen) durch erstarrte Massen im Heerde bilden, je höher silicirt die Schlacken sind, so hat auch in dieser Beziehung die Niederschlagsarbeit einen Vorzug vor der Arbeit mit gerösteten Erzen, bei denen aus später zu erörternden Gründen eine basischere Schlacke erzeugt werden muß.

Die Menge des zur Zerlegung des Bleiglanzes erforderlichen Eisens läßt sich stöchiometrisch berechnen, wenn man den Bleigehalt des Erzes durch die trockne Probe ermittelt hat. Selbst bei einem Ueberschuß von Eisen läßt sich kein bleifreier Stein aus bereits erörterten Gründen (S. 930) darstellen. Enthält der Bleiglanz Schwefelkupfer, so bricht man an Eisen ab und veranlaßt dadurch das Kupfer, weniger als Metall in das Blei, denn als Schwefelmetall in den Stein zu gehen. Man verwendet das Eisen gewöhnlich in Gestalt von Granulir-, Wasch- und Brucheisen.

Außer Schlacken und Eisen nimmt man zur Beschickung gewöhnlich noch unreine bleiische Producte vom Abtreiben (Abstrich, unreine oder silberreiche Glätte, Heerd), um den Metallgehalt derselben nebenbei mit zu gewinnen. Es befördert aber auch der Bleigehalt die Extraction des Silbers.

Mit dem Erforderniß einer höheren Temperatur bei der Niederschlagsarbeit steht auch die Anwendung höherer Oefen in Verbindung, welche meist nach Art der Sumpföfen (Oberharz, Victor-Friedrichs-Hütte), seltener nach Art der Spuröfen mit verdecktem Auge (Tarnowitz) zugemacht sind. Die Oefen sind ein- oder zweiförmig und meist mit Flugstaubkammern versehen.

Die bei der Niederschlagsarbeit vorkommenden Hauptmodificationen bestehen darin, daß man die Erze entweder in Schliechform (Oberharz, Tarnowitz, Ems), oder in Knörperform (Victor-Friedrichs-Hütte, Tarnowitz) separirt oder beide gemeinschaftlich verschmilzt und sich dabei je nach der Strengflüssigkeit der begleitenden Erden höherer oder niedrigerer Oefen mit verschiedener Zustellung bedient. Die Schlieche bindet man wohl mit Kalk ein (Tarnowitz, Commern). Als Brennmaterial verwendet man entweder Holzkohlen allein (Oberharz, Sala), oder Kohks (Commern, Oberharz), oder ein Gemenge von Holzkohlen und Kohks (Victor-Friedrichs-Hütte, Ems), oder Steinkohlen (Tarnowitz).

Weit seltener als in Schachtöfen wird die Niederschlagsarbeit in Flammöfen ausgeführt und die Vortheilhaftigkeit dieses Verfahrens durch Localverhältnisse bedingt. Man verarbeitet darin seltener Erze, als Rückstände von dem Flammofenschmelzen.

Beispiele für die Niederschlagsarbeit. Als die hauptsächlichsten Beispiele für die Niederschlagsarbeit sind anzuführen:

1) Die Oberharzer Niederschlagsarbeit, welche auf den Hütten zu Clausthal, Altenau, Lautenthal und Andreasberg ausgeführt wird. Man verschmilzt daselbst Bleiglanz in Schliechform mit 40 bis 70 Proc. Blei und $1^3/_4$ bis 11 Loth Silber im Centner; nur zu Andreasberg werden mit dem Bleiglanz Silbererze (Rothgültigerz, Antimonsilber, Fahlerz rc.) verhüttet. Als Begleiter dieser Erze treten erdige Fossilien (Quarz, Kalkspath, Thonschiefer, Schwerspath rc.) in größerer, dagegen metallische Mineralien (Kupferkies, Zinkblende, Schwefelkies, Bournonit, Spatheisenstein rc.) in untergeordneter Menge auf, oder dieselben sind doch durch die Aufbereitung größtentheils beseitigt (Zinkblende, Kupferkies).

Beim Gattiren sucht man die leichtflüssigen eisenspäthigen Schlieche mit den strengflüssigeren quarzigen, kalkigen und thonigen in solchem Verhältniß zu vermengen, daß ein mittlerer Metallgehalt von 54 bis 64 Pfd. Blei und 3 bis $3^1/_2$ Loth Silber im Centner herauskommt. Die gattirten Schlieche, welche vorwaltend Kieselerde enthalten, beschickt man mit basischen

Bleisteinschlacken mit 5 bis 7 Pfd. Blei und 0,05 bis 0,1 Loth Silber im Centner (S. 888), mit Granulir-, Wasch- und Brucheisen und mit bleiischen Zuschlägen von der Treibarbeit mit 66 bis 90 Pfd. Blei und 0,062 bis 2,25 Loth Silber im Centner. Zur Andreasberger Hütte werden letztere Zuschläge in größerer Menge behuf der Silberextraction aus den eigentlichen Silbererzen gegeben.

Um einen durch die Bleisteinschlacken etwa herbeigeführten zu hitzigen Ofengang zu vermeiden, schlägt man der Beschickung auch saurere Schlacken vom Schliechschmelzen (S. 892) zu.

Eine beschickte Schicht, welche für 12stündige Arbeit gilt, besteht z. B. auf Clausthaler Hütte aus: 7 bis 10 Karren à $2\,^1/_3$ bis 3 Ctnr. Steinschlacken, 26 Ctnr. gattirtem Schliech, $2\,^1/_2$ Ctnr. Granulireisen, 4 Ctnr. bleiischen Producten; 3 bis 4 Karren à $2\,^1/_4$ bis $2\,^1/_2$ Ctnr. Schliechschlacken, 14 Ctnr. Schliech, 2 Ctnr. Granulireisen, 2 Ctnr. bleiischen Producten, 3 bis 4 Karren Schliechschlacken. Jede Schicht enthält einen Rost (38 bis 40 Ctnr.) Schliech, die Einheit beim Verrechnen.

Die procentische Zusammensetzung der Beschickungen auf den verschiedenen Hütten ist aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich:

	Clausthaler und Altenauer Hütte.	Lautenthaler Hütte.	Andreasberger Hütte. Arme Beschickung.	Andreasberger Hütte. Reiche Beschickung.
	Ctnr.	Ctnr	Ctnr.	Ctnr.
Bleiglanzschliech	45,98	33,77	31,67	23,53
Glätte und Heerd	5,17	3,55	8,34	22,29
Abstrich	1,73	1,34	6,66	4,94
Steinschlacken	22,99	31,12	50,00	46,45
Schliechschlacken	18,96	26,66		
Granulireisen	5,17	3,56	3,33	2,78
	100,00	100,00	100,00	100,00
Bleigehalt in 100 Ctr.	33,98	28,56	31,25	36,23
Silbergehalt „ „	0,0515	0,0362	0,064	0,14

Zum Verschmelzen dieser Beschickungen dienen ein-, früher auch zweiförmige Hohöfen, nach Art der Sumpföfen zugemacht (Fig. 212 bis 214), von folgenden Dimensionen: Ganze Höhe über dem Heerdbleche 18 bis 22 Fuß, Formhöhe über dem Bleche (S. 923) 1 Fuß 4 Zoll bis 1 Fuß 6 Zoll, Weite an der Vorwand 1 Fuß 8 Zoll, Weite an der Formwand 2 Fuß bis 2 Fuß 6 Zoll, größte Weite bis auf 5 Fuß Höhe 2 Fuß 6 Zoll bis 3 Fuß, großer Durchmesser der elliptischen Gichtöffnung 2 Fuß bis 2 Fuß 6 Zoll, kleiner Durchmesser desgleichen 2 Fuß, Tiefe des Ofens unten 3 Fuß 6 Zoll, Stärke der Vorwand 6 Zoll, Weite der Formöffnung 4 Zoll, Entfernung der Formen bei den zweiförmigen Oefen von einander 8 Zoll, Fall der gußeisernen, mit der Brandmauer egalen Form $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll, Böschung der Formmauer bis zur Gicht 1 Fuß 4 Zoll bis 1 Fuß 6 Zoll. Man hat den einförmigen Oefen vor den zweiförmigen den Vorzug gegeben.

a Fundament. *b* Sohlstein, von zwei Sandsteinen gebildet. *c* Kernschacht, aus Barnsteinen, Thonschiefermehlsteinen, Schliechschlackensteinen oder Kohkssteinen (Kohksklein durch Lehmwasser verbunden und in Barnsteinformen geschlagen) gemauert. *d* Rauhgemäuer, von Grauwacke. *e* Brandmauer, zum Theil Sandstein. *f* offene Vorwand. *g* geschlossene Vorwand. *h* Rauchmantel. *i* Aufgebeöffnung. *k* Flammloch, durch

Fig. 212.

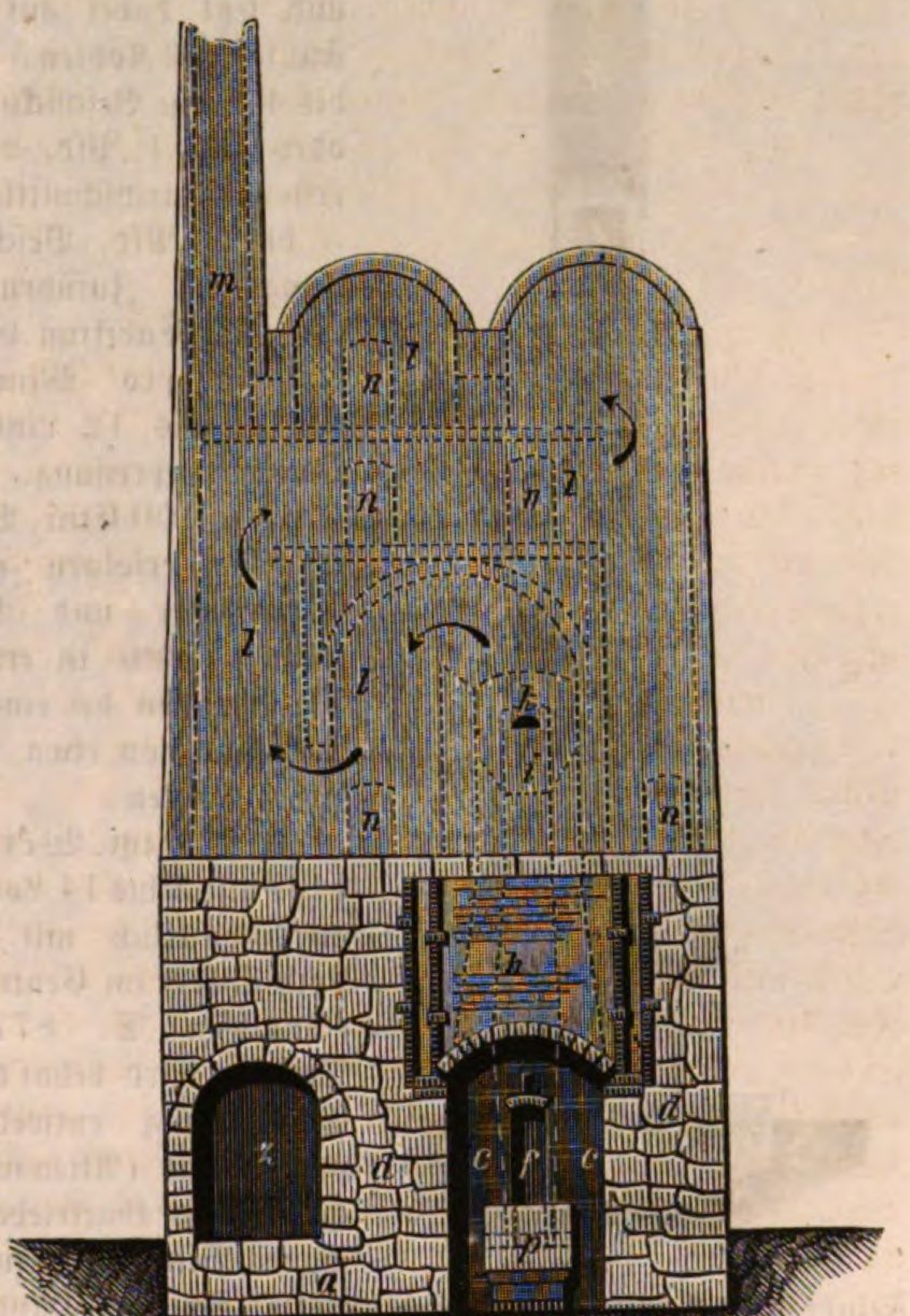
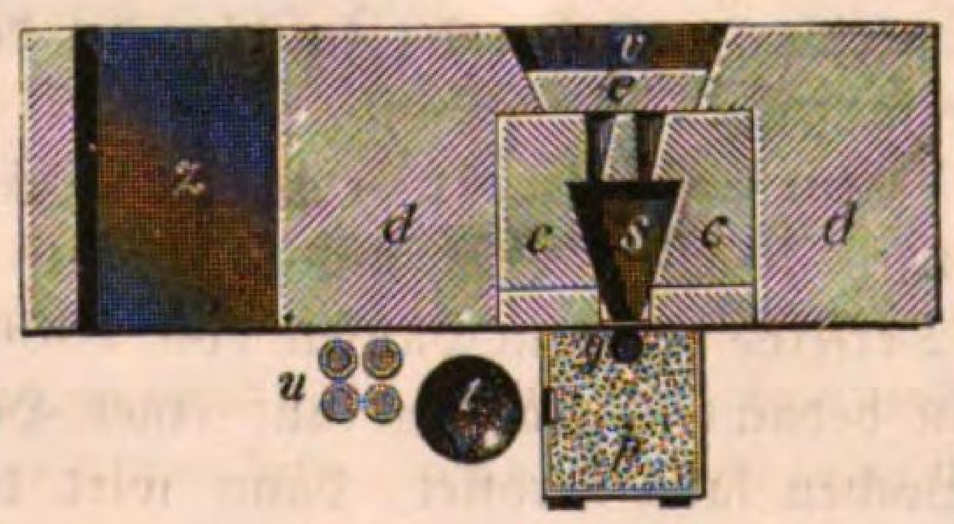


Fig. 213.

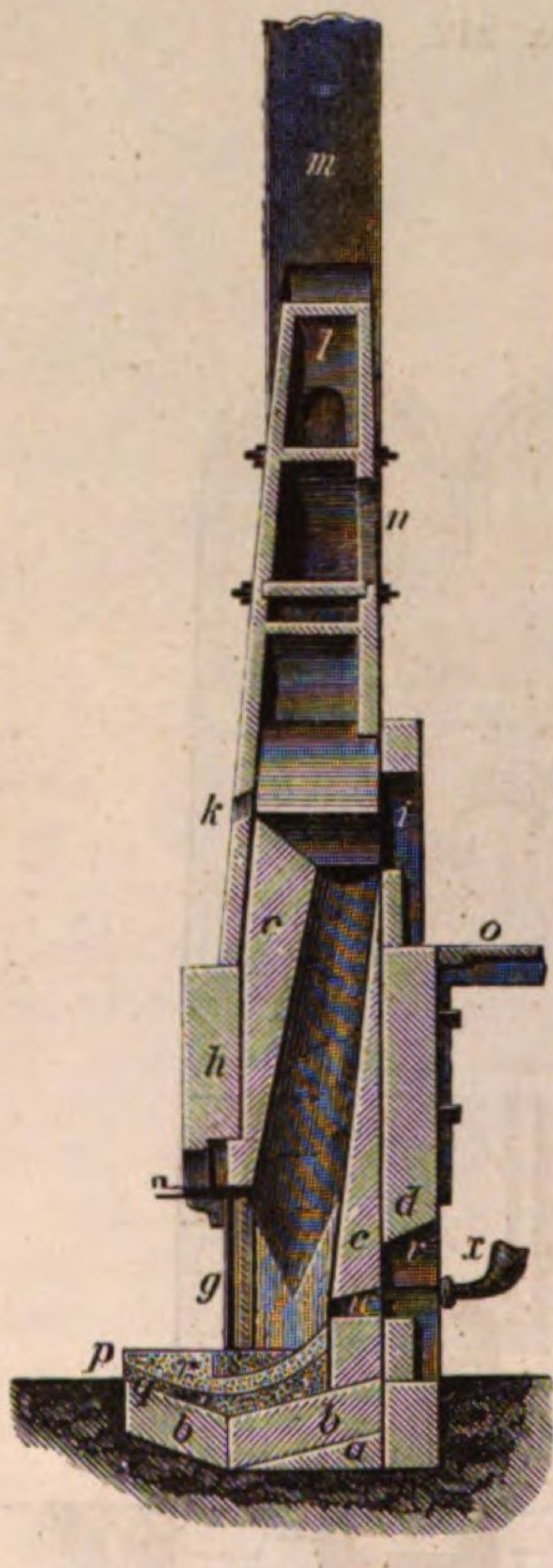


welches der Arbeiter vom Heerde aus beobachten kann, ob die Gicht flammt. *l* Flugstaubkammern, 25 Fuß hoch, 26 Fuß breit und 4 Fuß 9 Zoll tief, durch horizontale und verticale Zungen in mehrere Abtheilungen getheilt, in welchen der Ofenrauch nach der Richtung der Pfeile circulirt. *m* Schornstein von 3 Fuß Weite und 2 Fuß 6 Zoll Tiefe. *n* Oeffnungen zum Ausräumen des Flugstaubs. *o* Beschickungsboden. *p* Vorheerd. *q* Lehmsohle. *r* Gestübbesohle. *s* Sumpf. *t* Stechheerd. *u* Werkepfannen. *v* Formgewölbe. *w* Formöffnungen. *x* Lederschlauch mit der Düse. *y* Vorheerdtiegel. *z* Durchgang zum Gebläse.

Versuche, den Bleiglanzschliech in einem nach Art der Eisenhohöfen zugestellten Rastofen zu verschmelzen, haben den Erwartungen in Bezug auf Eisen- und Brenn-

materialersparung, sowie auf das Metallausbringen nicht entsprochen. Versuche im Rachette'schen Ofen sind im Gange.

Fig. 214.



Man schmilzt mit 12 bis 18 Zoll langer Nase und dunkler Gicht und setzt dabei auf 1 Füllfaß voll Kohlen 3 1/2 bis 4 Tröge Beschickung oder auf 1 Pfd. von ersteren durchschnittlich 5 bis 9 Pfd. Beschickung bei Zuführung von 250 Cubikfuß Gebläseluft pro Minute mit 11 bis 12 Linien Quecksilberpressung.

Von 100 Ctnr. Beschickung erfolgen zur Claustthaler und Altenauer Hütte in etwa 14 Stunden bei einem Aufwand von etwa 20 Ctnr. Kohlen:

a) 25 Ctnr. Werkblei mit 3 bis 14 Loth, durchschnittlich mit 4 Loth Silber im Centner (Analysen S. 877). Dasselbe wird behuf der Entsilberung entweder pattinsonirt (Altenauer Hütte) oder abgetrieben, wobei Blicksilber (zum Feinbrennen), silberarme reine Glätte (für den Handel und das Frischen), unreine und silberreiche Glätte (Zuschlag bei den Schmelzarbeiten), Abstrich (Zuschlag zu den Schmelzarbeiten und Material für die Darstellung von Hartblei) und Heerd (Zuschlag bei den Schmelzarbeiten) erfolgen.

b) 19 Ctnr. Bleistein (Analysen S. 886) mit durchschnittlich 30 Pfd. Blei und 2 1/2 Loth Silber im Centner. Derselbe wird in Haufen von 1000 bis 2000 Centnern in bedachten Räumen auf einer Holzunterlage 3 bis 4 Wochen lang geröstet, dann wird das Röstgut in kleinere Stücke zerschlagen, auf eine neue Holzunterlage gebracht (gewandt), wo dasselbe 1 bis 2 Wochen röstet, und dieses Wenden noch 6 bis 7 Mal wiederholt, wobei man jedesmal den gut gerösteten Stein aushält. Derselbe hat eine bläulich-graue Farbe, erdiges Ansehen und eine poröse Oberfläche mit knospenartigen Auswüchsen. Auf 100 Ctnr. Stein zu rösten gehen 5,5 Ctnr. Fichtenholz.

Man bezweckt mit dem Rösten, die im Stein enthaltenen Schwefelungen in Oxyde zu verwandeln, um dann beim reducirenden Schmelzen des Röstguts in nicht zu hoher Temperatur das leichtreducirbare Bleioxyd in metallisches Blei zu verwandeln, die anderen schwerer reducirbaren Oxyde aber (z. B. Eisenoxyd, Zinkoxyd) durch kieselerdereiche Zuschläge (Schliechschlacken) aufzulösen und zu verschlacken.

Beim Rösten großer Quantitäten Stein in Haufen erzeugen sich neben unzersetzt bleibenden Schwefelungen stets schwefelsaure Salze, namentlich auch schwefelsaures Bleioxyd, welche beim reducirenden Schmelzen wieder Schwefelungen geben und sich mit den unzersetzten Schwefelungen zu einem neuen Stein verbinden. Wegen der großen Verwandtschaft des Kupfers zum Schwefel pflegt sich in dem Stein der Kupfergehalt zu concentriren. Damit dieser Stein möglichst blei- und silberarm ausfällt, giebt man beim Verschmelzen des Röstguts noch Zuschläge von Eisen. Aus den in die Beschickung noch gegebenen bleiischen Zuschlägen (Abstrich, Heerd) will man nebenbei den Metallgehalt ausziehen.

Die procentische Zusammensetzung einer solchen Beschickung ist ungefähr folgende: 47,07 Ctnr. gerösteter Bleistein, 7,85 Ctnr. Heerd, 0,62 Ctnr. Abstrich, 43,15 Ctnr. Schlacken und 1,31 Ctnr. Eisen mit 23,61 Ctnr. Blei und 0,039 Ctnr. Silber.

Da man aus den oben angegebenen Gründen beim Verschmelzen dieser Beschickung keiner hohen Temperatur bedarf, so sind die als Sumpföfen zugemachten Steinöfen niedriger, als die Schliechöfen, und haben eine prismatische Gestalt, bei 5 Fuß Höhe 1 Fuß 2 Zoll Weite und 3 Fuß Tiefe.

Man verschmilzt 100 Ctnr. dieser Beschickung mit 11,3 bis 11,8 Ctnr. Kohks oder 17 Ctnr. Holzkohlen in 12 bis 13 Stunden auf etwa 17 Ctnr. Werkblei und 16 Ctnr. Bleistein. Ersteres wird abgetrieben, letzterer abermals geröstet und verschmolzen und diese Operation im Ganzen drei- bis viermal wiederholt (erstes bis viertes Steindurchstechen), bis beim letzten Durchstechen ein so bleiarmer und so kupferreicher Stein erfolgt, daß derselbe an die Kupferarbeiten abgegeben werden kann, was gewöhnlich bei einem Gehalt von 20 bis 35 Proc. Kupfer und 2 1/2 bis 3 1/2 Loth Silber im Centner geschieht.

Das Werkblei von dem letzten Steindurchstechen ist kupferreicher und es erfolgt daraus ein kupferreicheres Frischblei (Steinblei), als vom Schliechschmelzen und den beiden ersten Steindurchstechen. Die bei den Steindurchstechen fallenden basischen Schlacken (Analysen S. 889) werden beim Schliech- und Steinschmelzen zugeschlagen.

c) 10 bis 14 Ctnr. Hüttenrauch, Flugstaub (Analysen S. 897), mit 46 bis 48 Pfd. Blei und 2 bis 3 Loth Silber im Centner, wird ähnlich wie Bleiglanzschliech verschmolzen.

d) Ofenbrüche (Analysen S. 895), mit 74 bis 76 Pfd. Blei und 1/8 Loth Silber im Centner, werden am Schlusse jeder bis 13 Wochen dauernden Campagne mit Eisen und Schlacken im Schliechofen durchgesetzt.

e) Geschur und Gekrätz werden im Krätzpochwerk mechanisch aufbereitet und für sich oder gemeinschaftlich mit dem Rauch verschmolzen.

f) Schliechschlacken (Analysen S. 889), mit 4 bis 6 Pfd. Blei und 0,04 bis 0,15 Loth Silber, kommen zum Schliech- und Steinschmelzen, dienen als Mauersteine zu Bauten und zur Ausmauerung der Oefen oder werden an die Communion-Unterharzer Bleihütten abgegeben, wo sie als saure Zuschläge beim Verschmelzen der basenreichen Bleierze dienen.

Als neuere Veränderungen beim Oberharzer Blei-

und Silberhüttenproceß sind hauptsächlich zu bezeichnen: die alleinige Anwendung von einförmigen Schliechöfen und Speisung derselben mit Gebläseluft aus Cylindergebläsen statt aus den früheren Spitzbälgen, Erweiterung der Schliechöfen zur Erzielung längerer Ofencampagnen, Anwendung von Kohks statt Holzkohlen beim Schliechschmelzen u. a. Auch ist der Zollcentner ꝛc. eingeführt (1 alt-hannov. Centner = 0,935422 Zollctnr. à 100 Pfd. à 10 Lth. à 10 Quint; 1 altes Loth = etwa 3 Quint).

2) Zu Tarnowitz in Oberschlesien wurden früher sämmtliche Erze und Schlieche der Niederschlagsarbeit unterworfen; seit Kurzem wendet man dazu Flammöfen (S. 911) an und benutzt 3 einförmige Spuröfen mit verdecktem Auge, sowie einen Doppelofen, nur noch zu nachstehenden Arbeiten:

a) Zum Verschmelzen der Rückstände aus den Flammöfen. Beschickung: 100 Ctnr. Rückstände, 40 Ctnr. Eisenfrischschlacken, 12 Ctnr. Eisen, 10 Ctnr. Kalkstein, 30 Ctnr. Trifftschlacken. Dazu gehen 9 Tonnen magere Stückkohlen, welche demnächst durch billigere Kohks ersetzt werden sollen. Auf 100 Ctnr. aus den Rückständen ausgebrachtes Werkblei gehen 25,74 Ctnr. Eisen, 96,30 Ctnr. Eisenfrischschlacken, 22,28 Ctnr. Kalkstein, 19,08 Tonnen Steinkohlen, 7,2 Schichten à 12 Stunden. 1 Ctnr. Werkblei kostet 15 Sgr. 1 Pf. darzustellen. Die Schlacken fließen in eiserne Töpfe von 24 Zoll Höhe, 12 Zoll oberer und 9 Zoll unterer Weite. Statt eines Sohlsteins hat man eine Lage Sand zwischen Gestübbe und Lehmsohle gebracht.

Der Doppelofen gewährt im Vergleich zu den Spuröfen eine Ersparung an Arbeitslöhnen bei vergrößerter Production, dagegen aber kein größeres Ausbringen und keine Ersparung an Brennmaterial.

b) Abgängeschmelzen. Beschickung: 100 Ctnr. Abgänge (26 Proc. Bleisteingaarrost mit 4,5 Proc. Blei, 35 Ctnr. Schur und Abhubschlacke mit 3,5 Proc., 14 Proc. alter abgesetzter Gaarrost mit 2,5 Proc., 26 Proc. alter abgesetzter roher Bleistein mit 2 Proc., 1 Proc. mit Kalkmilch eingebundener Flugstaub mit 30 Proc. Blei) mit durchschnittlich 3,36 Proc. Blei werden mit 3 Ctnr. Eisen, 3 Ctnr. Eisenfrischschlacken, 4 Ctnr. Kalkstein und 5,5 Tonnen Kohlen in zwei achtstündigen Schichten durchgesetzt. Die Gesammtkosten von 1 Ctnr. Steinwerkblei betragen 2 Thlr. 18 Sgr. 7 Pf.

c) Heerdfrischen. Beschickung: 100 Ctnr. bleiische Producte (Heerd vom Abtreiben, reiche Glätte, alter mit bleiischen Theilen gemengter loser Heerdmergel, sog. Bleiasche, unter dem festen Heerd weg, Rostasche ꝛc.) geben mit 4 Ctnr. Wascheisen und 15 bis 18 Ctnr. Eisenfrischschlacken beschickt, mit 56 Ctnr. Stückkohlen in 22 Stunden 64 Ctnr. Werkblei, 104 Ctnr. Heerdfrischschlacken und 0,7 bis 0,8 Ctnr. Schur. 1 Ctnr. erhaltenes Blei kommt auf 6 Sgr. 2 Pf.

d) Heerdfrischschlackenschmelzen. 100 Ctnr. Schlacke und Schur nebst unreinen Abhubschlacken derselben Arbeit und reinem Bleistein von früheren Schmelzungen geben mit 8½ Ctnr. Eisenfrischschlacken und 26 Ctnr. Stückkohlen 2 Ctnr. Werkblei. Schmelzkosten pro Ctnr. Blei 3 Thlr. 11 Sgr. 8 Pf. Das Blei wird concentrirt, dann pattinsonirt.

e) Reductionsschlackenschmelzen, welches die Verhüttung der Schlacken begreift, welche beim Verfrischen der beim Pattinsoniren erfolgenden Krätze fallen.

3) Zur Victor-Friedrichs-Hütte im Anhaltischen verschmilzt man einen mit Spatheisenstein, Zinkblende, Kupferkies und silberhaltigem Fahlerz vorkommenden Bleiglanz in Knörper- und Schliechform separirt.

Eine beschickte Schicht enthält 50 Ctnr. Knörpererz (mit 27 bis 36 Pfd. Blei und 1½ bis 2 Loth Silber im Centner) oder Schliech, 2½ Ctnr. bis 3 Ctnr. Eisen, und 50 bis 60 Proc. Roh- und Steinschlacken zu gleichen Theilen. Bei sehr blendigen, eisenspatharmen Erzen schlägt man bis 20 Proc. gerösteten Bleistein vom Rohschmelzen zu.

Das Schmelzen geschieht in einem 16 Fuß 4 Zoll hohen Sumpfofen, welcher unten 3 Fuß 4½ Zoll, oben 2 Fuß 7½ Zoll tief, unten vorn 1 Fuß 9¾ Zoll, unten hinten 2 Fuß ¾ Zoll, oben vorn 1 Fuß 9¾ Zoll, unter vorn 2 Fuß ⁶⁄₄ Zoll weit ist. Man giebt abwechselnd Holzkohlen und Kohks auf und setzt auf ein Füllfaß davon (12 bis 14 Pfd.) bei Knörpern 1½ bis 2 Tröge à 60 Pfd., bei Schliech à 65 bis 70 Pfd. unter Zuführung von 250 bis 300 Cubikfuß Luft pro Minute.

Bei 18- bis 20wöchentlichen Ofencampagnen erfolgen in 24 Stunden von 80 bis 100 Ctnr. Erz und Schliech, mit 11 Maß Kohlen à 150 Pfd. und 9½ Tonnen Kohks à 190 Pfd. auf 100 Ctnr. Erz:

a) 20 bis 30 Ctnr. Werkblei mit 5 Loth Silber zum Abtreiben.

b) 32 bis 34 Ctnr. Bleistein mit 27 bis 30 Pfd. Blei und 1¾ bis 2 Loth Silber. Derselbe wird in freien Haufen 5 bis 6 Mal geröstet, und mit 18 bis 20 Proc. blendigen Erzen, Ofenbrüchen und 4 Proc. Eisen wieder auf Werkblei und Bleistein verschmolzen. Letzteren setzt man zum zweiten Male mit kupferhaltigen Erzen und Hüttenrauch durch, den dabei erhaltenen Stein aber zur möglichsten Entsilberung nochmals mit 10 bis 16 Proc. Heerd und Abstrich und Eisen. Das vierte und fünfte Durchstechen geschieht ohne Zuschlag von Erz mit 2 Proc. Eisen. Bei allen diesen Schmelzungen schlägt man auf 100 Ctnr. Stein noch 90 bis 120 Ctnr. Schlacken und zwar zu ¾ Rohschlacken, zu ¼ Steinschlacken zu und setzt in 24 Stunden mit 9 Maß Kohlen und 10 Tonnen Kohks 90 bis 100 Ctnr. Beschickung durch. Der zuletzt erfolgende Kupferstein wird im gerösteten Zustande ausgelaugt und die Lauge zur Darstellung von gemischtem Vitriol verwandt. Der dabei bleibende Rückstand geht zum fünften Steindurchstechen oder wird mit armen Kupferkiesen auf einen für die Vitriolbereitung geeigneten Stein verschmolzen.

4) Die Niederschlagsarbeit in Flammöfen (französische Niederschlagsarbeit) wird z. B. zu Vienne in Frankreich in der Weise ausgeführt, daß man in dem Flammofen (Four Viennois) 8 bis 10 Ctnr. Bleierze mit 54 Proc. Blei, mit 1½ bis 5 Ctnr. Eisen und Eisenschlacken in 3 bis 6 Stunden verschmilzt. Die Schlacken zieht man aus dem Ofen, Blei und Bleistein werden aus dem Sumpf des Ofens abgestochen. Häufig werden die Rückstände von der französischen Flammofenarbeit mit Eisen im Vienner Ofen entbleit.

C. **Gewinnung von Blei aus Bleiglanz, welcher neben erdigen Bestandtheilen viele fremde Schwefelungen beigemengt enthält. —** Röstreductionsarbeit. Aus bereits erörterten Gründen (S. 875) eignen sich derartige Erze nicht für die Flammofen- und Niederschlagsarbeit; unter bedeutenden Metallverlusten würde dabei ein sehr unreines Blei erfolgen. Zweckmäßiger unterwirft man diese Erze einer Röstreductionsarbeit, mit welcher man vortheilhaft, wenn nicht zu viel fremde Schwefelungen vorhanden sind, eine Niederschlagsarbeit verbinden kann. Durch das Rösten sollen neben Schwefel die fremden Beimengungen theilweise verflüchtigt (Antimon, Arsen), theils die fremden Schwefelungen nebst Schwefelblei in Oxyde verwandelt werden. Unterwirft man die Oxyde (Bleioxyd, Eisenoxyd, Kupferoxyd, Zinkoxyd ꝛc.) einem reducirenden und solvirenden Schmelzen bei nicht zu hoher Temperatur, so reducirt sich das Bleioxyd, während die anderen schwerer reducirbaren Metalloxyde durch die solvirenden Zuschläge, gewöhnlich saure Schlacken, aufgelöst und verschlackt werden. Diese Trennung der Oxyde geschieht jedoch nie scharf, es verschlackt sich Bleioxyd und fremde Metalloxyde werden theilweise reducirt und die hergestellten Metalle gehen ins Blei. Da es schwer zu erreichen ist, daß beim Rösten aller Schwefel entfernt wird, vielmehr ein Theil desselben in unzersetzten Schwefelungen, ein anderer in gebildeten schwefelsauren Salzen zurückbleibt, so entsteht beim reducirenden und solvirenden Schmelzen Bleistein in größerer oder geringerer Menge, welcher einer weiteren Bearbeitung zur Ausziehung der darin enthaltenen nutzbaren Metalle bedarf. Um seinen Bleigehalt möglichst herabzudrücken, giebt man wohl beim reducirenden Schmelzen des Röstgutes Niederschlagsmittel, wie metallisches Eisen (Przibram, Schemnitz, Pontgibaud), eisenhaltige Substanzen, welche entweder schon im Röstgute enthalten sind (Eisenoxyd in den Unterharzer Erzen) oder absichtlich zugeschlagen werden, wie Eisenfrischschlacken (Holzappel, Müsen), eisenoxydreichen gerösteten Stein (Freiberg) oder Eisensteine (Vedrin). Letztere wirken theils direct als Entschwefelungsmittel, theils scheidet das oxydirte Eisen als stärkere Base bereits verschlacktes Bleioxyd aus oder hindert dessen Verschlackung und trägt dadurch zum vollständigeren Bleiausbringen bei. Enthalten die Bleierze Antimon- und Arsenverbindungen, so kann beim reducirenden Schmelzen eine Speisebildung eintreten.

Bei Vergleichung der Niederschlagsarbeit mit der Röstreductionsarbeit zu Corphalie ergeben sich nach Falize folgende Resultate:

Erz.	Gew. d. verschmolzenen Erze.	Gew. d. Bleies im Erze.	Production.	Verlust.	In den abgesetzten Schlacken.	Im Rauch.	Verlust durch Verflüchtigung.
Ungeröstet........	32090	16276	13430	2846	808	2038	12,52
Geröstet.........	36115	23630	21269	2361	542	1819	7,69

Rösten der Erze. Das Rösten der Erze geschieht in freien Haufen (Communion-Unterharz, Müsen), Stadeln (Fahlun) oder in Flammöfen (Schemnitz, Pontgibaud, Freiberg, Przibram). Hauptsächlich durch Plattner's Arbeiten hat man erst die Vorgänge bei den Röstprocessen näher kennen gelernt. Zum Rösten in Flammöfen wendet man die Erze in pulverförmigem Zustande an, und man entscheidet sich für diese Röstmethode, wenn die Erze in Folge einer stattgefundenen Aufbereitung sich im pulverförmigen Zustande befinden oder wenn es auf eine vollständigere Oxydation der Metalle und Entfernung der flüchtigen Bestandtheile (Schwefel, Arsen ꝛc.) ankommt. Sollen die Erze nur bis zu einem gewissen Grade abgeröstet werden und sind sie nicht zu reich an Blei und Silber, so ist eine Röstung derselben in Form von Bruchstücken in geeigneter Größe vortheilhaft, weil man dabei meist an Brennmaterial spart und die gerösteten Erze beim Verschmelzen im Schachtofen besser verarbeitet werden können, als im pulverförmigen Zustande.

Je nach der Beschaffenheit der zu röstenden Erze und ihrem Grade der Zerkleinerung, ob dieselben schwerer oder leichter oxydirbar, mehr oder weniger schwefelreich sind, geschieht das Rösten in freien Haufen oder in Stadeln, mit Mauern theilweise umgebenen Röststätten, oder in Flammöfen.

Von den chemischen Vorgängen beim Rösten pulverförmiger Schwefelmetalle in Flammöfen war bereits (S. 873 und 899) die Rede. Es bilden sich dabei neben freien Oxyden auch schwefelsaure, antimonsaure und arsensaure Metalloxyde. Die Flammöfen sind entweder mit directer Flammfeuerung (für festes oder gasförmiges Brennmaterial) oder für indirecte Flammfeuerung vorgerichtet, indem ein muffelförmiger Röstraum von außen erhitzt wird. In den meisten Fällen genügt ein gewöhnlicher Zugflammofen mit passenden Dimensionen, der mit festem Brennmaterial geheizt wird. Beim Gasflammofen läßt sich zwar das Brennmaterial oft vortheilhafter benutzen, weil eine sehr vollständige Verbrennung der brennbaren Gase schon in der Zeit erfolgt, während dieselben aus dem Verbrennungsraum in den Röstraum treten; man kann aber bei einem solchen Ofen die Temperatur nicht so genau stimmen, als bei einem gewöhnlichen Röstofen, obwohl man durch Anbringung von Schiebern den Luftzutritt zu reguliren sucht. Die Muffelröstöfen bedürfen zur Erhitzung der Muffel von außen einer größeren Menge Brennmaterial, gestatten keine gehörige Regulirung der Temperatur und geben leicht zu einer Sinterung der Erze ꝛc. Veranlassung, weil die Erhitzung des Röstgutes hauptsächlich nur vom Boden der Muffel ausgeht. Sie werden hauptsächlich nur angewandt, wenn arsenhaltige Erze geröstet werden und die dabei gebildete arsenige Säure nicht verunreinigt werden soll, wenn man die beim Rösten gebildete schweflige Säure zur Umwandlung in Schwefelsäure in Bleikammern leiten will oder wenn die Erze sehr silberreich sind, um einen zu großen Silberverlust durch Verflüchtigung zu vermeiden. Erze und Producte, welche beim Rösten leicht zusammensintern, lassen sich besser in einem gewöhnlichen Flammofen als in einem Muffelofen behandeln.

Neuerdings hat man Flammöfen mit directer

und indirecter Feuerung in der Weise combinirt, daß man dem Ofen zwei unter einander liegende Heerde giebt, von denen der untere muffelförmige Heerdraum von der Flamme umspielt wird, welche letztere in den oberen Röstraum und aus diesem dann in die Esse tritt. Die im unteren Heerd gebildete schweflige Säure leitet man zur Bildung von Schwefelsäure in Bleikammern (Stolberg, Freiberg) und verhütet dadurch ihren schädlichen Einfluß auf die Vegetation der Umgebung (S. 896).

Bei den Röstflammöfen mit directer Feuerung müssen zur zweckmäßigsten Benutzung des Brennmaterials Rostfläche, Heerdfläche und Fuchsöffnung in einem richtigen Verhältniß stehen, mögen die Oefen für größere oder kleinere Röstposten bestimmt sein. Beim gegebenen Verhältniß der Rostfläche zur Heerdfläche, welche gewöhnlich etwas länger als breit ist, muß die mit einem Schieber versehene Fuchsöffnung bei flachem Gewölbe, niedriger Feuerbrücke und hinreichend hoher Esse so weit sein, daß sich im Röstraume die erforderliche Hitze hervorbringen läßt. Am besten besitzt der Fuchs bei geringer Höhe fast dieselbe Breite des zusammengezogenen Endes des Heerdes. Durch Regulirung des Schiebers im Fuchs und Vermehrung oder Verminderung der Brennmaterialmenge auf dem Roste läßt sich die Temperatur stimmen.

Bei einem zweckmäßig construirten Flammofen tritt die Flamme mit etwas unzersetzter atmosphärischer Luft über die Feuerbrücke in den Röstraum, bewegt sich wellenförmig an dessen Gewölbe hin und verbrennt mittelst der durch die Arbeitsöffnungen eingetretenen Luft in ihren untersten Schichten, wodurch das auf dem Heerd liegende Erz stärker erhitzt wird. Gleichzeitig steigt auch die Temperatur oben am Gewölbe durch Aufsteigen der heißen Verbrennungsproducte und es erhalten andere Theile der Flamme Gelegenheit zur Verbrennung. Eine zu große oder zu geringe Höhe des Gewölbes über dem Heerde veranlaßt einen Mehraufwand an Brennmaterial und eine langsamere und schwierigere Röstung. Bei Gasröstöfen kann das Gewölbe etwas niedriger sein als bei Zugröstöfen, weil die brennbaren Gase heißer und schon mit mehr Luft in den Verbrennungsraum treten, so daß durch die Arbeitsöffnungen weniger Luft zugeleitet zu werden braucht.

Als sehr zweckmäßig in ihren Dimensionen haben sich die englischen Röstöfen bewährt, wie sie z. B. in Freiberg mit gewöhnlicher Rostfeuerung (Fig. 228) oder mit Gasfeuerung, Fig. 215 u. 216, eingerichtet sind. *a* aus feuerfesten Thonplatten bestehender Röstheerd, 16 Fuß lang, in der Mitte 13, an den Arbeitsthüren 14 Fuß breit. *b* Arbeitsthüren 13 Zoll breit und 9 Zoll hoch und mit einem Vorsetzblech verschließbar. *c* Heerdgewölbe, in der Mitte 1 Fuß 8 Zoll, an den Seiten 1 Fuß hoch über dem Heerd. *d* Oeffnungen zum Herablassen von Röstgut, welches auf dem Trockenheerde *e* erwärmt ist, auf den Röstheerd. *f* Oeffnungen im Heerde, während des Röstens mit eisernen Platten bedeckt, durch welche das geröstete Erz in die Gewölbe *g* und von da in eiserne Karren 2c. gezogen wird. *h* Canäle zur Abführung der Feuchtigkeit. *i* Essen über den Arbeitsöffnungen, 6 Fuß hoch. *k* Canäle zur Zuführung von Verbrennungsluft auf den Heerd. *l* Rost, 3 Fuß 4 Zoll lang, 4 Fuß breit, mit $1\frac{1}{2}$ Zoll aus einander liegenden Roststäben. *m* Gasgenerator mit dem Schürloch *n* mit Verschluß. *o* Arbeitsöffnungen, verschließbar, um das Brennmaterial auflockern zu können. *p* verticale Luftzuführungscanäle, die im Haupt-

Fig. 215.

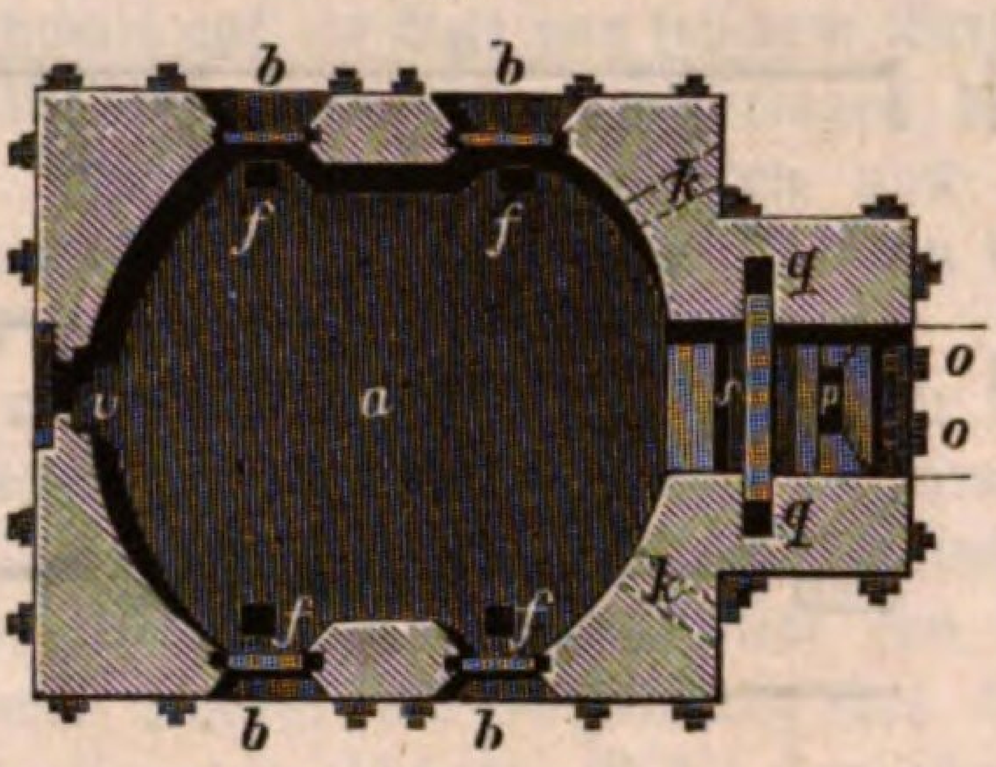
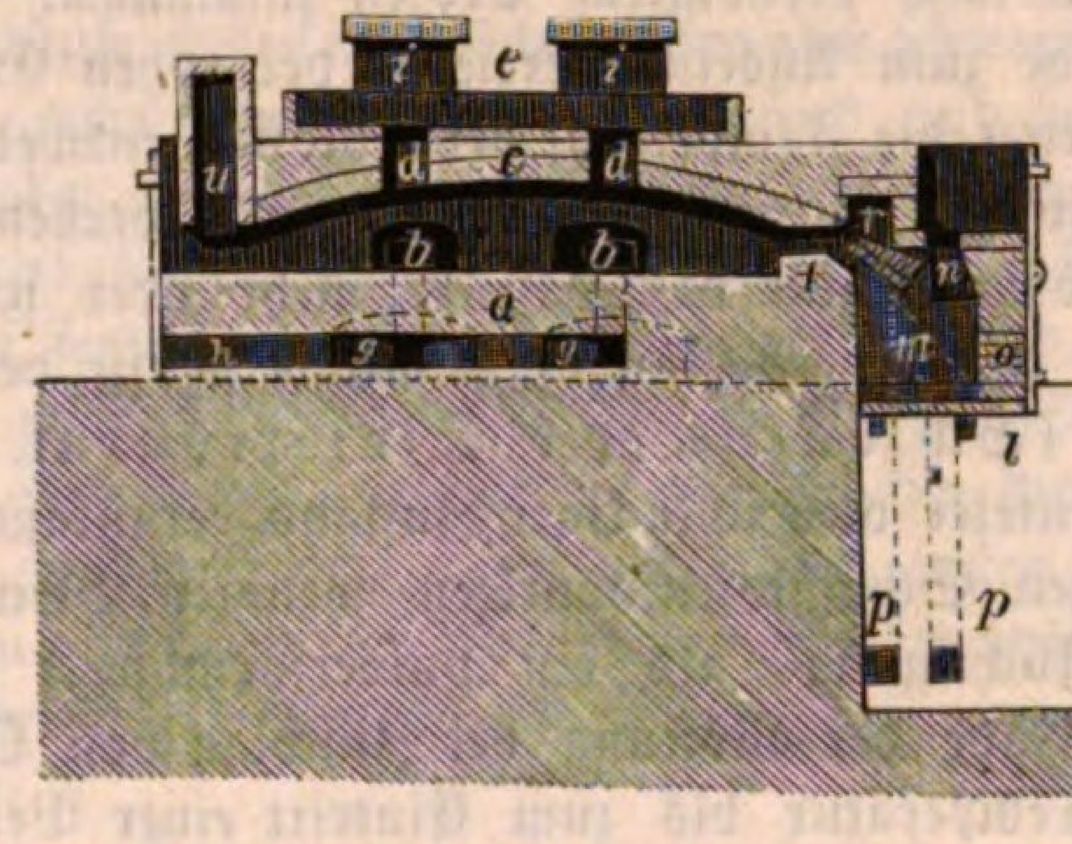


Fig. 216.

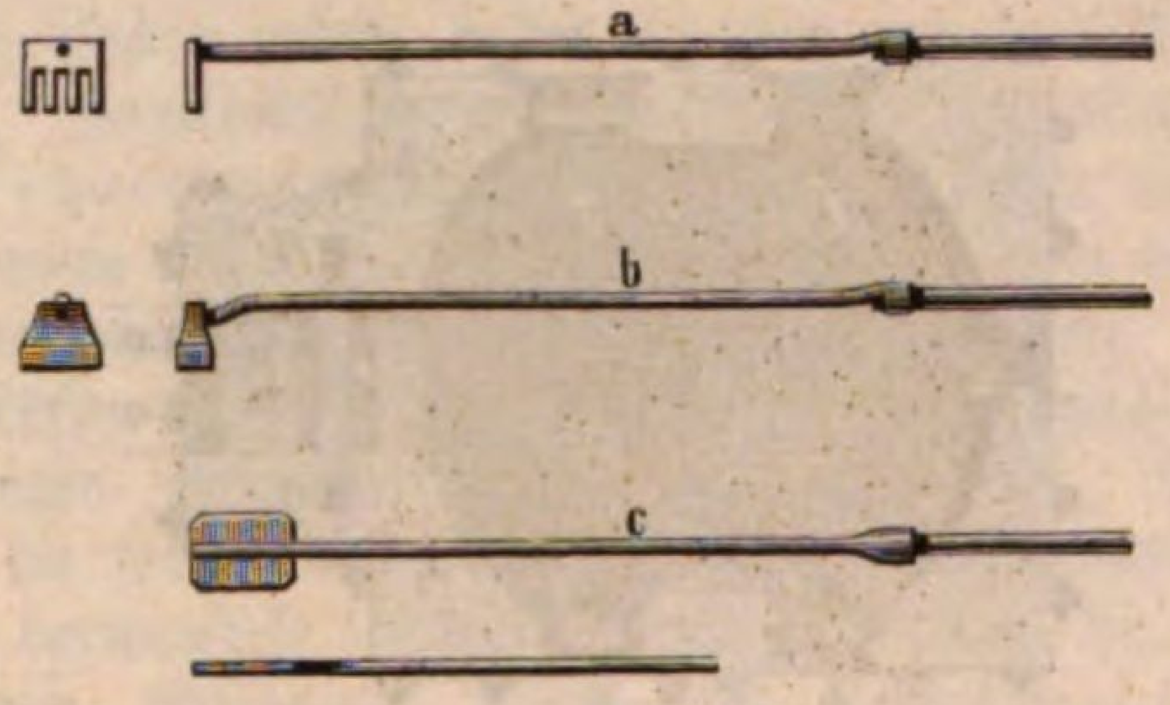


canal in horizontaler Richtung münden, durch welche zu beiden Seiten des Generators die Verbrennungsluft für das gasförmige Brennmaterial, nachdem sich dieselbe auf jeder Seite bei *q* in einem einzigen Canal vereinigt hat, in einen horizontalen Canal *r* gelangt und durch die heißen Wände erwärmt durch einen mit abnehmender Höhe zur Seite gerichteten breiten Canal *s* nach dem vorderen Ende desjenigen breiten, aber niedrigen und kurzen Canals tritt, durch welchen die brennbaren Gase aus dem Generator in den Röstraum übergehen, so daß die warme Luft bei *t* mit diesen Gasen zusammentrifft und dieselben zur Verbrennung bringt. *u* Fuchs, durch welchen die flüchtigen Producte zuerst in Flugstaubkammern und von da in die Esse gelangen. *v* vermauerte Thür, durch welche man nöthigenfalls zum Fuchs *u* gelangen kann.

Die Arbeiten beim Rösten bestehen außer in dem Ein- und Ausladen des Röstgutes, dem Schüren und der Zuführung von Luft in dem öfteren Durchkrahlen und Wenden des Röstgutes zur Erneuerung seiner Oberfläche, was besonders bei Anwesenheit von Schwefelungen erforderlich ist, welche leicht sintern (wie Schwefelantimon, Schwefelblei, Schwefelkupfer; weniger bei Schwefelzink und Schwefeleisen). Durch das Umrühren mit dem Röstkrähl (Fig. 217 *a*) von 11 Zoll Breite und 10 Zoll Höhe mit 9 Fuß 6 Zoll langem eisernen Stiel und 2 Fuß langem hölzernen Griff verbreitet man die Hitze allmälig in der ganzen Röstpost und mittelst einer schmiedeeisernen Wendeschaufel (Fig. 217 *c*) von 14 Zoll Länge und 10 Zoll Breite translocirt man das Röstgut von der Feuerbrücke nach

der Fuchsseite und umgekehrt. Mittelst eines 12 Zoll langen Hammers (Fig. 217 *b*) mit 3 Zoll breiter Bahn und 22 bis 25 Pfd. Gewicht, an einem eisernen Stiele mit hölzernem Griff befestigt, zerklopft man ge-

Fig. 217.



bildete Sinterknoten oder Klümper, und mittelst einer schmiedeeisernen 15 Zoll breiten Röstkrücke zieht man das Röstgut nach beendigtem Proceß zusammen. Auch dient dieselbe zum Auseinanderziehen der rohen Erzpost.

Man leitet die Temperatur beim Rösten entweder so, daß das Röstgut pulverförmig ausgezogen werden kann (Staubrösten) oder daß dasselbe mehr oder weniger frittet oder in eine vollständig schlackige Masse verwandelt wird (Schlacken- oder Sinterrösten). Ein solcher gefritteter oder schlackiger Zustand veranlaßt beim demnächstigen Schachtofenschmelzen weniger Bleiverlust durch Verflüchtigung, als ein pulverförmiger. Wird gegen das Ende der Röstung bei Zuschlag von Quarzsand die Temperatur bis zum Eintritt einer Verschlackung gesteigert, so findet durch die Kieselerde eine Austreibung von Schwefelsäure aus den beim Rösten gebildeten schwefelsauren Salzen Statt, in Folge dessen beim reducirenden Schmelzen weniger Stein erfolgt und weniger Eisen zur Schwefelaufnahme erforderlich ist. Hinsichtlich der Bleiverflüchtigung ist es jedoch meist günstiger, den Schwefel beim Rösten nicht völlig auszutreiben, sondern den noch zurückbleibenden Theil im Schachtofen durch passende Zuschläge beim Schmelzen zu entfernen. Man läßt gewöhnlich mindestens 4 Proc. Schwefel im Röstgut und überzeugt sich von der Größe des Schwefelgehaltes durch eine Titrirprobe. Man schmilzt eine Probe mit Salpeter und Soda, zieht das dabei gebildete schwefelsaure Alkali mit Wasser aus, übersättigt mit Salzsäure und bestimmt die Schwefelsäure mittelst titrirter Chlorbariumlösung.

Die Röstflammöfen, in denen man das geröstete Erz zuletzt zum Fritten bringt, haben verschiedene Einrichtung. Dieselben besitzen entweder nur einen Heerd, welcher nur an einer Seite (Membach, Binsfeld Hammer ꝛc.) oder an beiden Seiten (Sclegneaur) Arbeitsöffnungen hat, oder die Oefen haben zwei gewöhnliche Heerde über einander (Pontgibaud) oder es ist ein Flammofenheerd mit einem Muffelofen combinirt (Freiberg). Man schiebt beim Rösten das Erz gewöhnlich von der Fuchsseite aus allmälig nach der Feuerbrücke zu, wo dasselbe dann in so hohe Temperaturen kommt, daß es frittet und von selbst ausfließt oder ausgezogen wird. Zuweilen theilt man zur Mäßigung der Hitze in dem vorderen Theil des Heerdes diesen durch Zungen in mehrere Abtheilungen (Sclegneaur).

Einige dieser Constructionen ergeben sich aus nachstehenden Zeichnungen.

Röstofen zu Membach (Fig. 218 u. 219). *a* Heerd, 8 Meter lang und 1,75 Meter breit, 0,45 Meter

Fig. 218.

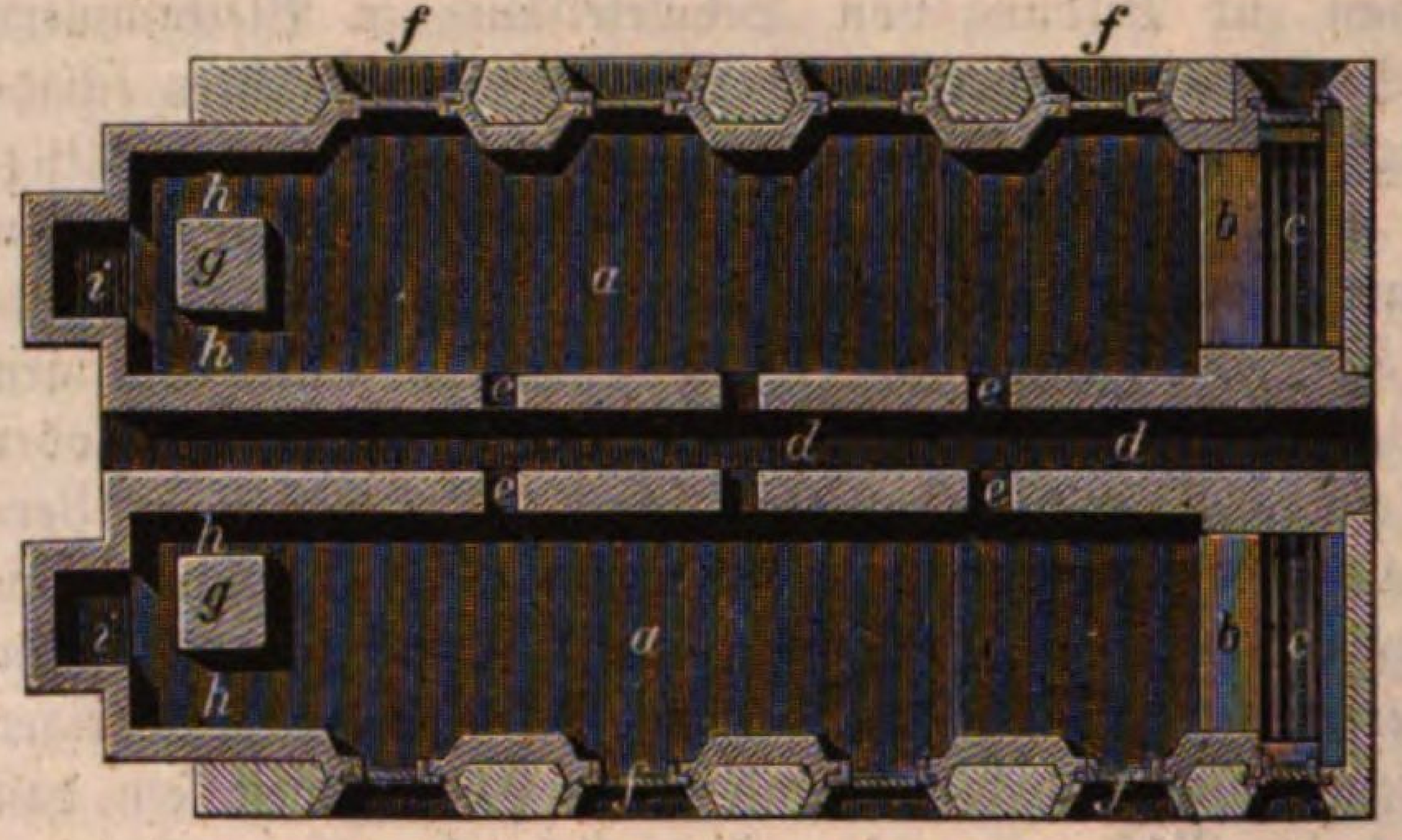
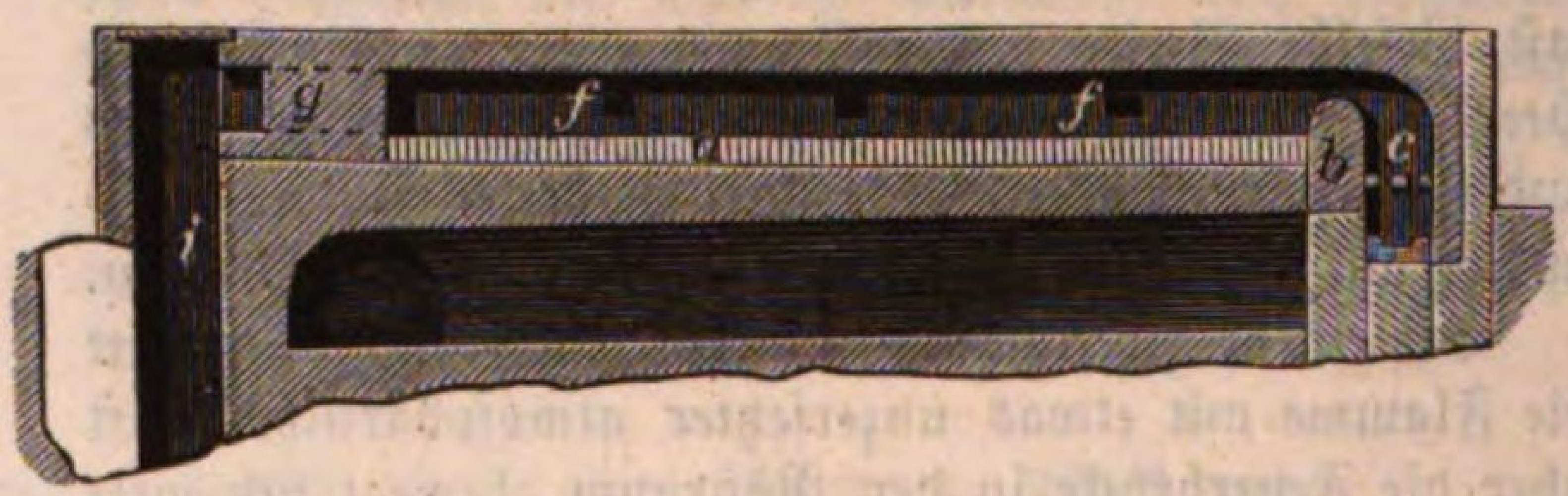


Fig. 219.



unter dem Gewölbe. *b* Feuerbrücke, 0,45 Meter breit und 0,60 Meter über dem Rost. *c* Rost, 0,5 Meter breit. *d* Canal, aus welchem erwärmte Luft durch die Oeffnungen *e* zum Röstgute an der Hinterseite gelangt, 0,40 Meter breit. *f* Arbeitsöffnungen. *g* Mauerung zur Herstellung der Füchse *h*. *i* abwärts gehender Rauchcondensationscanal mit der Esse in Verbindung. Man röstet in diesem Ofen täglich 3000 bis 6000 Kilogr. Erz je nach dessen Beschaffenheit, wo dasselbe dann noch bis 5 Proc. Schwefel hält, mit 500 bis 800 Kilogr. Steinkohlen.

Der Röstofen zu Binsfeld Hammer (Fig. 220 u. 221) erhält 3 Chargen à 600 Kilogr. auf dem oberen und 3 auf dem unteren Heerd, zieht alle 24

Fig. 220.

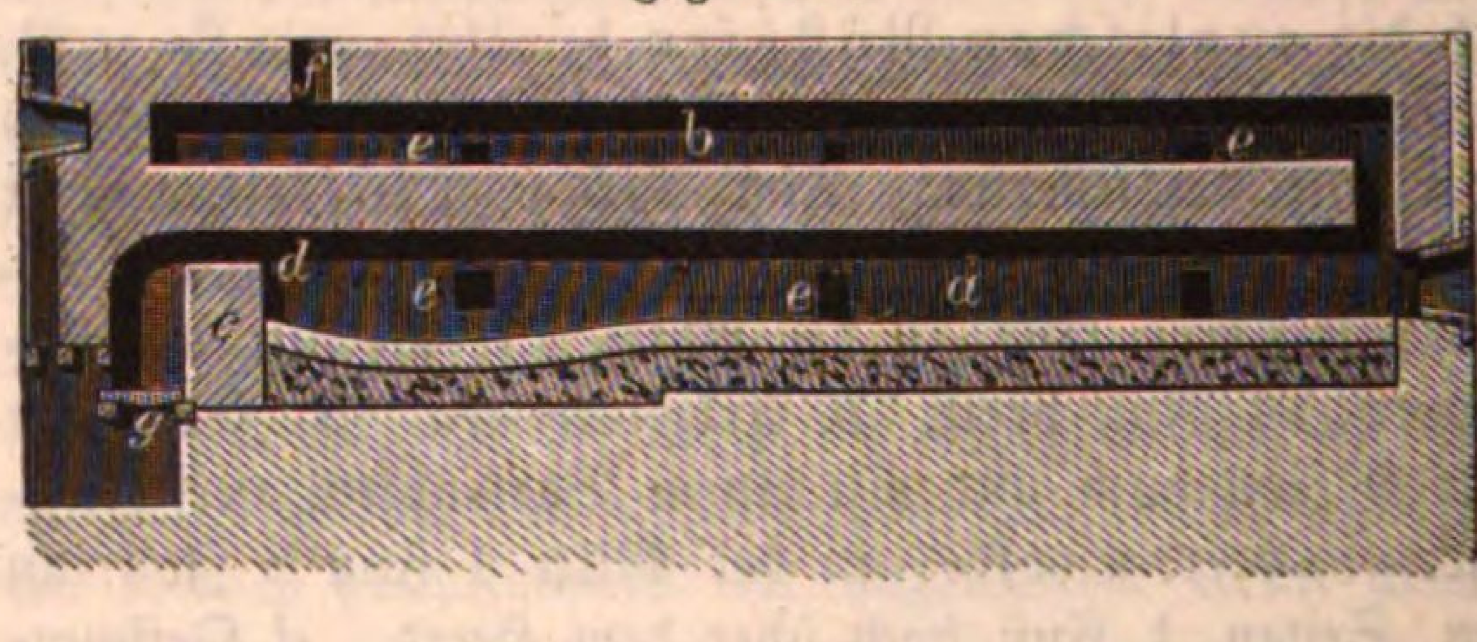
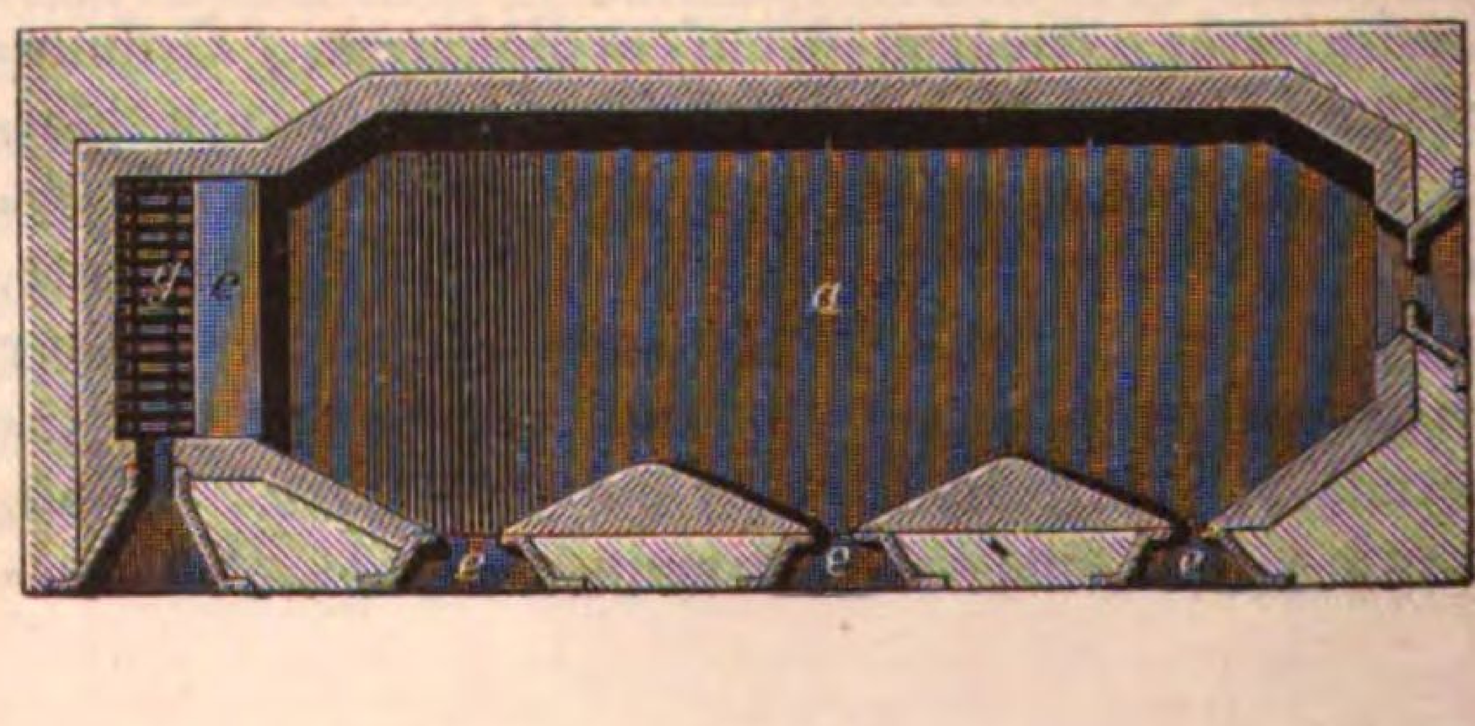


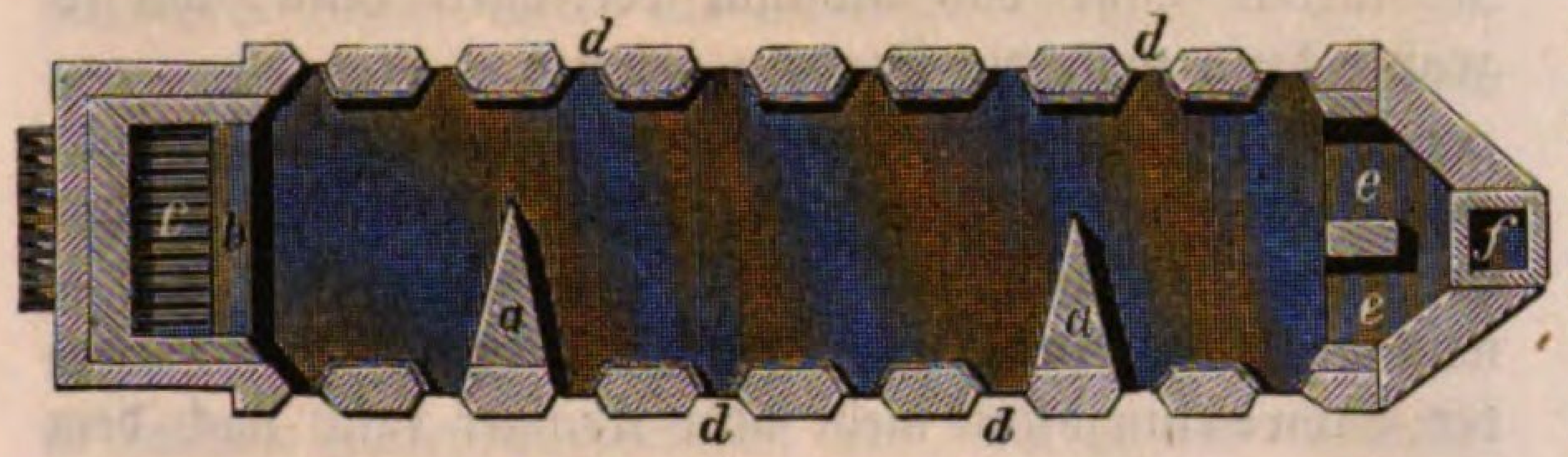
Fig. 221.



Stunden 4 davon heraus, also etwa 2400 Kilogr., so daß das Erz 36 Stunden im Ofen bleibt und an der Feuerbrücke 6 Stunden heller Rothgluth ausgesetzt ist. Man verbraucht in 24 Stunden 550 Kilogr. Kohlen und das Röstgut hält 3 bis 4 Proc. Schwefel. *a* unterer Heerdraum, 6,5 Meter lang, 2,3 Meter breit und bis zum Gewölbe 0,44 Meter hoch. *b* oberer Heerdraum, vorn 0,33 Meter, hinten 0,35 Meter hoch. *c* Feuerbrücke, 1,5 Meter lang, 0,4 Meter breit, 0,75 Meter über dem Rost, 0,31 Meter über dem Heerd. *d* Flammloch, 0,28 Meter hoch. *e* Arbeitsöffnungen. *f* Füllöffnung. *g* Rost, 1,5 Meter lang und 0,45 Meter breit.

Der Röstofen zu Sclegneaux (Fig. 222) ist

Fig. 222.

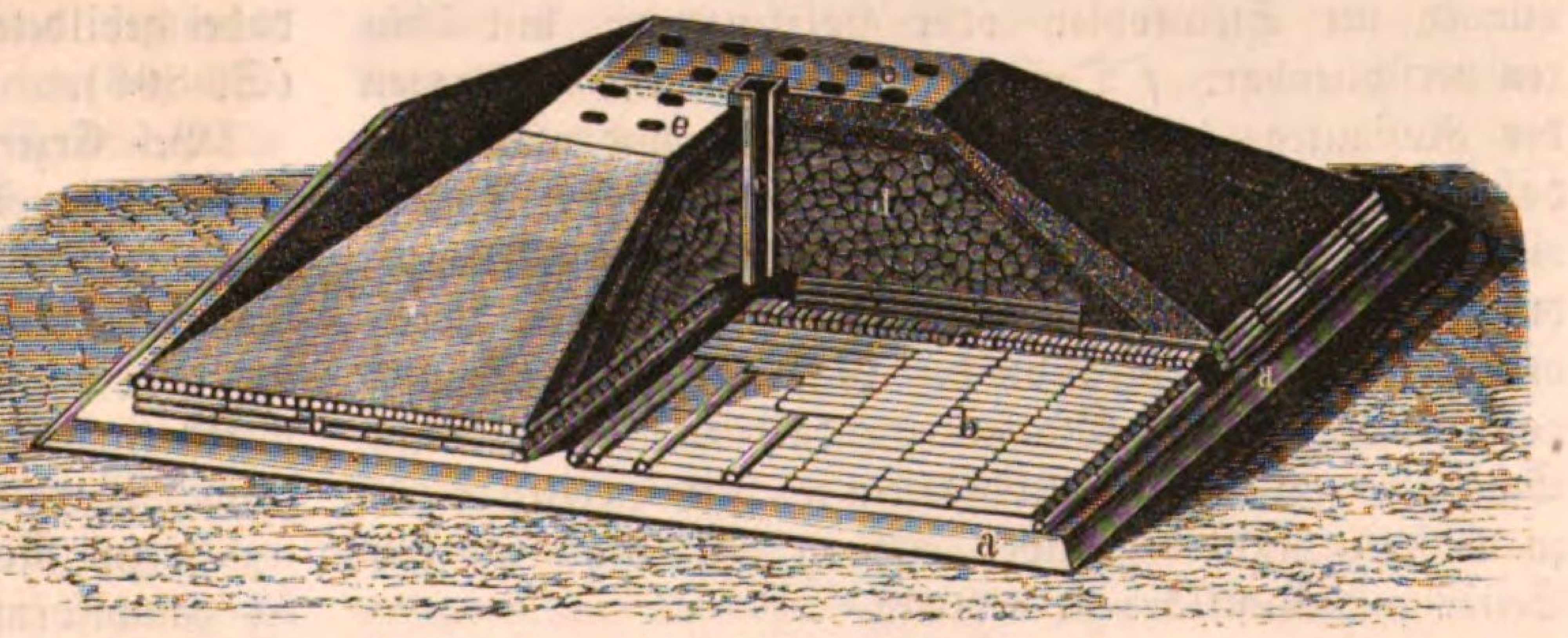


durch Zungen *a* in mehrere Abtheilungen getheilt. Das sehr zerkleinte Erz wird mit Quarz gemengt. *b* Feuerbrücke. *c* Rost. *d* Arbeitsöffnungen. *e* Füchse. *f* Esse.

Erze und Hüttenproducte, welche in Haufen oder Stadeln geröstet werden sollen, wendet man am besten in Form von größeren und kleineren Bruchstücken an und erzeugt die dazu erforderliche Temperatur entweder durch untergelegtes Brennmaterial oder durch eine besondere Rostfeuerung. Durch die Affinität des Schwefels zum Sauerstoff kommt die der Wärmequelle am nächsten liegende Erzschicht in Gluth, durch den verbrennenden Schwefel wird die Temperatur unterhalten und nach oben und den Seiten hin fortgepflanzt. Noch ehe die Röstung in den unteren Schichten vollendet ist, beginnt sie schon in den oberen, wenn Luft gehörig zutritt. Nach Verlauf von kürzerer oder längerer Zeit nimmt in Folge einer Abkühlung von außen die Temperatur in den oberen Theilen ab und der Proceß hört von selbst auf. Schwefelreiche Erze kann man im Freien rösten, schwefelarme bedürfen einer Bedachung, weil die Atmosphärilien abkühlend bei ihrer Verröstung einwirken können. Man läßt die Luft entweder nur an der Oberfläche oder zum Theil auch durch besondere Canäle zutreten und sieht danach, daß der Luftzug weder zu stark noch zu schwach ist. Ein zu starker Luftzug veranlaßt bei schwefelreichen Erzen, welche durch Oxydation des Schwefels eine bedeutende Wärme entwickeln, Sinterungen und Schmelzungen, und bei schwefelarmen Erzen eine Abkühlung und theilweise Unterbrechung der Röstung, sowie Metallverluste durch Verflüchtigung. Bei zu schwachem Luftzug findet eine zu langsame und zu schwache Röstung Statt. Die Regulirung des Luftzutritts erreicht man am besten durch Anbringen von Zugcanälen und einer beweglichen Decke von Erzklein, Schliechen oder Röstkläre, welche man nach Erforderniß mehr oder weniger wegräumen kann. Aber auch bei sorgfältig geleitetem Luftzutritt ist man meist nicht im Stande, das Haufwerk auf einmal hinreichend abzurösten, und zwar am wenigsten, wenn die Metalle auf einer niedrigen Schwefelungsstufe stehen. Man muß alsdann die erste Röste wegräumen, gesinterte Stücke zerschlagen, das Ganze nochmals auf ein Bett von frischem Brennmaterial bringen (Umbetten, Wenden, Umbringen des Rostes) und diese Operation nach Umständen noch mehrmals wiederholen. Bei dem jedesmaligen Wenden des Rostes hält man die gut gerösteten Stücke aus. Ueber den Grad der auszuführenden Röstung, also über die Anzahl der Röstfeuer, können nur praktische Erfahrungen zum Anhalten dienen. Von wesentlichem Einfluß auf den Erfolg der Röstung, der hauptsächlich von der Größe der einzelnen Stücke, der Regulirung des Luftzutritts und der Temperatur abhängt, ist die chemische und physikalische Beschaffenheit der Erze, ob die darin enthaltenen Metalle auf einer höheren oder niedrigeren Schwefelungsstufe stehen und sich leichter oder schwerer oxydiren, ob sie mehr oder weniger dicht sind und beim Rösten mehr oder weniger porös werden. So röstet Schwefelkies viel leichter ab als Zinkblende, Rohstein, Bleistein, Ofenbrüche. Je größer die Stücke sind, desto lebhafter wird der Luftzug. Bei zu kleinen Stücken fehlt es an Luftzutritt, bei zu großen Stücken kann die noch immer fortschreitende Temperatur nach außen so sehr abnehmen, daß der bei den großen Zwischenräumen stattfindende starke Luftzug die Stücke bis zum Verlöschen abkühlt.

Beim Rösten in freien Haufen wendet man gern größere Stücke an, aus denen man behuf Herstellung von Luftzug den unteren Theil der Röste formirt, obenauf aber kleinere Stücke schüttet. Stehen aber nur kleinere Stücke von etwa 2 bis 3 Cubikzoll Größe zu Gebote, so muß zur Hervorbringung des erforderlichen Luftzuges in der Mitte des Haufens ein Schacht oder eine durchbrochene Esse angebracht werden. Bei schwefelreichen Erzen zündet man die Haufen gewöhnlich unten an der Sohle an, schwefelärmere durch den Schacht in der Mitte. Man macht die Haufen selten über 6 Fuß hoch, giebt ihnen aber 14 bis 48 Fuß Durchmesser. Um den Haufen lockerer zu erhalten und eine möglichst gleichförmige und vollständige Röstung zu erreichen, schichtet

Fig. 223.

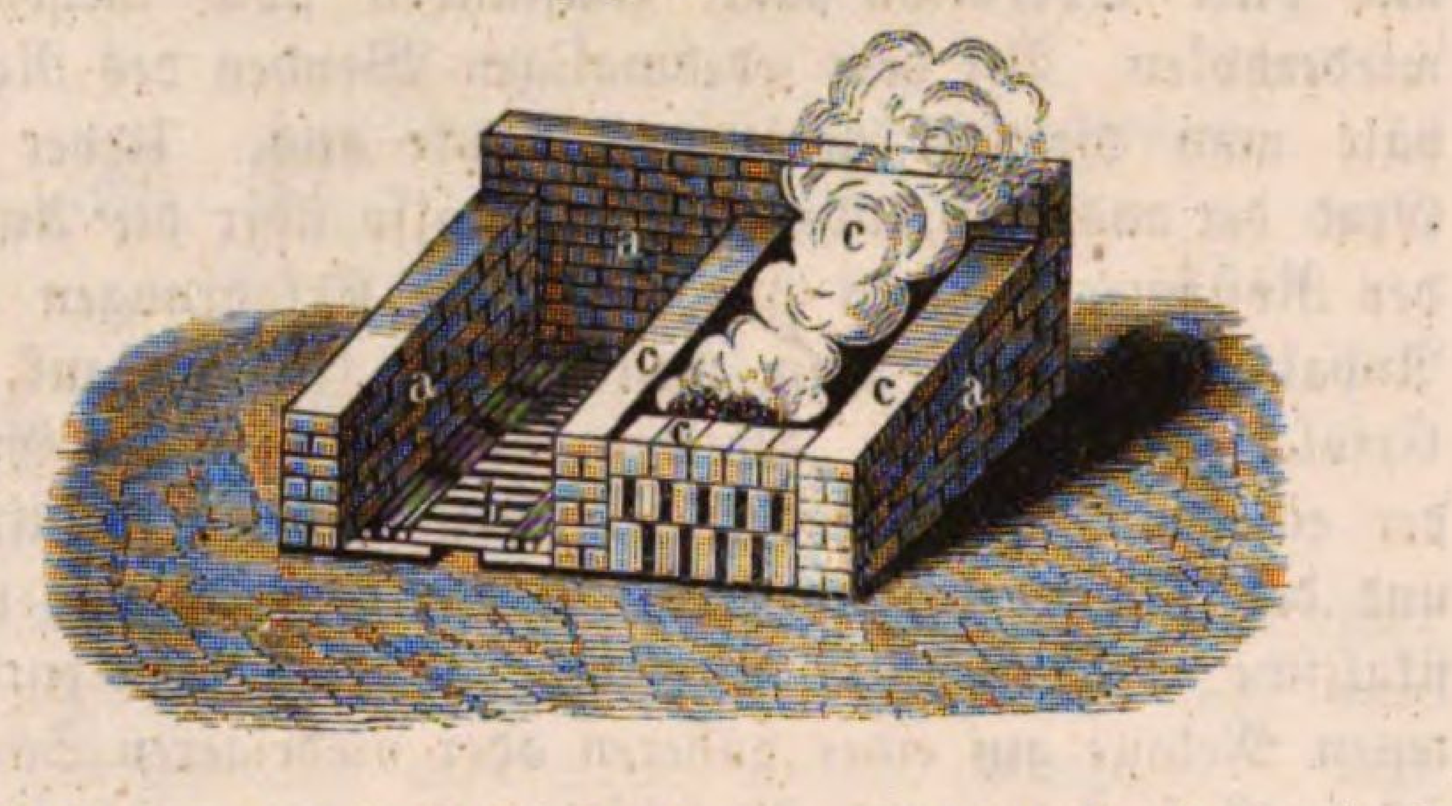


man wohl etwas Brennmaterial mit ins Röstgut ein, wenn dasselbe schwefelarm ist. Die gas- und dampfförmigen Röstproducte rc. entweichen durch die Decke

des Haufens oder durch die in der Mitte desselben angebrachte durchbrochene Esse. Fig. 223 stellt einen Unterharzer Erzröstthaufen dar. *a* Röstesohle. *b* Röstteholz. *c* Zugschacht. *d* Erz, zu unterst dickere Stücke, welche nach oben an Größe abnehmen. *e* Schwefellöcher.

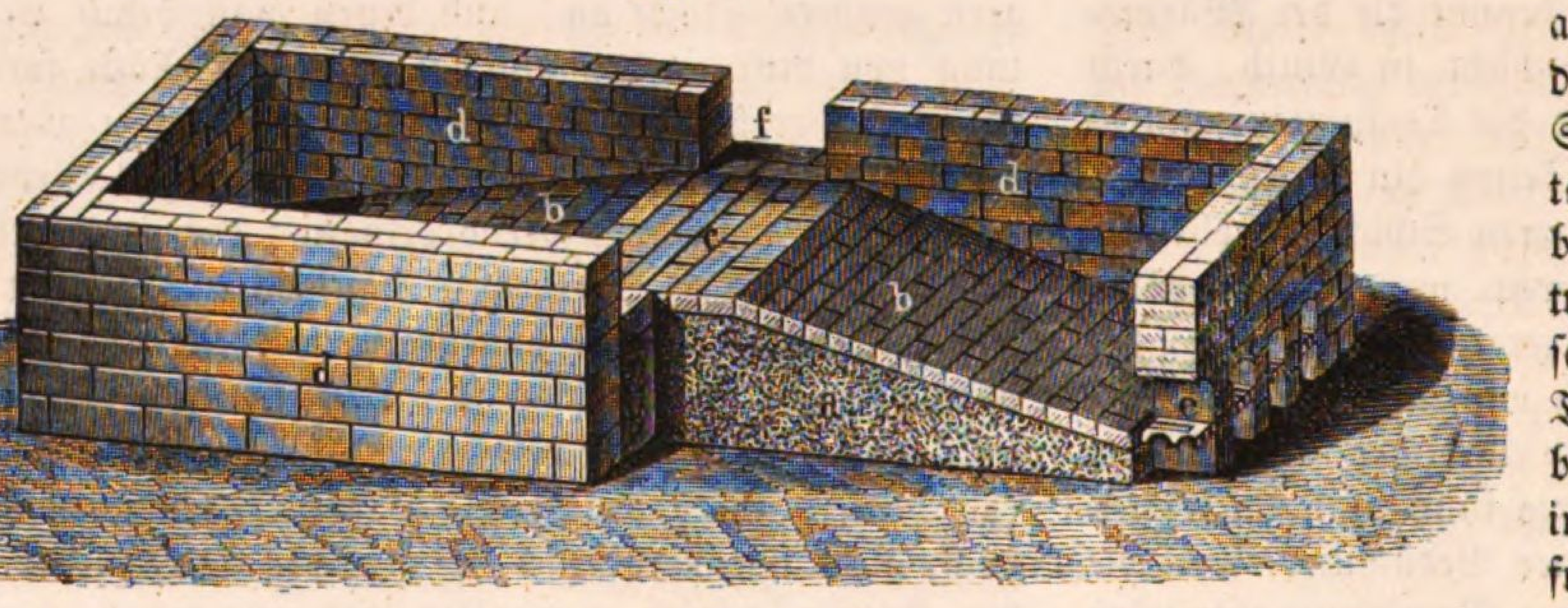
Beim Rösten in Stadeln mit horizontaler Sohle (Fig 224 *a* Mauerwerk. *b* Holzlagen. *c* fertige

Fig. 224.



Stadel) von etwa 8 Fuß Länge, 4 Fuß Breite und 3 Fuß Höhe müssen die Erzstücke ꝛc. hinreichend (30 bis 40 Cubikzoll) groß sein, damit sie beim Wenden des Rostes ins folgende Feuer noch hinreichend dick bleiben, um der atmosphärischen Luft gehörigen Zutritt zu verschaffen, wenn die Metalle auf einer niedrigen Schwefelungsstufe stehen. Ist letzteres der Fall und können die Erze, ohne zu schmelzen, eine starke Rösthitze vertragen, so lassen sie sich in zwei Feuern in einer Stadel mit geneigter Sohle (Fig. 225 Wellner'sche

Fig. 225.



Röststadel in Freiberg. *a* Schlackenlage. *b* geneigte Sohle aus Schlackenziegeln. *c* horizontale Sohle. *d* Umfassungsmauern aus Schlackenziegeln. *e* vier Schüröffnungen zur Steinkohlen- oder Holzfeuerung, mit Thüren verschließbar. *f* Oeffnung zum Ein- und Austragen des Röstgutes) hinreichend durchrösten, und man spart dabei, im Vergleich mit dem Rösten in mehreren Feuern, viel gutes Brennmaterial und Arbeitslöhne bei Verwendung eines geringeren Brennstoffs. Es ist dabei zweckmäßig, zur Concentration der Hitze und zur Zersetzung von gebildeten Metallsalzen in das Haufwerk dünne Schichten von Kohlen, Kohksklein ꝛc. beim zweiten Feuer zu bringen und bei beiden Feuern den Rost an den Seiten mit Röstkläre zu bedecken.

Eine Wellner'sche Röststadel ist im Lichten 32 Fuß lang, 16 Fuß breit und mit 6 bis 7 Fuß hohen Umfassungsmauern umgeben. Die Sohle hat 3 Fuß Ansteigen. Beim Besetzen der Stadel bildet man zuerst von den Thüröffnungen aus bis auf die halbe Länge der Stadelsohle Canäle aus großen Bruchstücken des Röstgutes, füllt diese mit Holzspänen und Reisholz, bedeckt die Stadel mit einer dünnen Lage von Holzspänen, stürzt darauf das Röstgut in Stücken bis 10 Cubikzoll Größe und bringt, nachdem der Stadelraum voll ist, noch so viel auf, daß eine flache abgestumpfte Pyramide über die Seitenmauern hervorragt, deren Seiten dann mit Röstkläre bestürzt werden, während die obere Fläche zur Entlassung der flüchtigen Röstproducte frei bleibt. Hierauf beginnt man aus den Schürlöchern das Feuern mit Steinkohlen oder Holz, bis der Haufen nach 15 bis 16 Stunden die zur Röstung erforderliche Hitze erhalten hat. Eine Stadel faßt 900 bis 1200 Ctnr. Röstgut. Je stärkere Hitze das Röstgut vertragen kann, um so größer kann man die Stadeln nehmen.

Die chemischen Vorgänge beim Rösten in Haufen und Stadeln bestehen darin, daß die Orydation bei jedem Bruchstück auf der Oberfläche beginnt und je nach der Orydationsfähigkeit, der Dichtigkeit, dem Grade der Schwefelungsstufe mehr oder weniger rasch nach dem Innern zu fortschreitet, wobei die einzelnen Bruchstücke zuweilen Risse und Sprünge bekommen, wodurch die Orydation beschleunigt wird. Als Orydationsmittel dient dabei hauptsächlich dampfförmige Schwefelsäure, welche sich durch Contact der in den Poren der oberflächlich orydirten Stücke befindlichen schwefligen Säure beim Zuströmen der Luft bildet. Diese Schwefelsäure wirkt unter Bildung von schwefliger Säure sowohl auf Oryde, welche sich höher orydiren können (z. B. Eisenorydul), als auch auf die Schwefelmetalle orydirend ein. Bildet sich genug Schwefelsäure und sind die erzeugten Oryde geneigt, sich mit derselben in der herrschenden Temperatur zu verbinden, so entstehen auch schwefelsaure Metalloryde. Ein Theil der Schwefelsäure wird beim Rösten von Schwefelmetallen in freien Haufen und Stadeln frei, welche, in der Luft Wasser absorbirend, Nebel erzeugt.

Um die beim Rösten in Haufen und Stadeln gebildete schweflige Säure für die Umgebung unschädlich zu machen, leitet man sie durch Contactsubstanzen und die dabei gebildete Schwefelsäure in Schwefelsäurekammern (S. 896).

Bei Erzen, welche viel Schwefelkies enthalten, läßt sich ein Theil des Schwefels, welcher neben schwefliger Säure dampfförmig im Röstthaufen aufsteigt, durch Condensation gewinnen. Wenn die Röstung in der unteren Schicht eines Schwefelkies enthaltenden Haufwerks eingeleitet ist, so wird durch die dabei frei werdende Wärme aus der darüber befindlichen Schicht, welche zur Röstung vorbereitet wird, ein Theil Schwefel dampfförmig ausgetrieben. Da die Temperatur daselbst noch nicht hoch genug ist, als daß er zu schwefliger Säure verbrennen könnte, so läßt er sich theilweise auffangen. Beim Rösten in freien Haufen werden die aufsteigenden Schwefeldämpfe, sobald sie auf der Ober-

fläche des Haufens mit kalter Luft in Berührung kommen, zu flüssigem Schwefel verdichtet, welcher sich in auf der Oberfläche des Haufens angebrachten Löchern *e* (Fig. 223) ansammelt und daraus ausgeschöpft wird (Communion-Unterharz). Die Menge des zu gewinnenden Schwefels hängt von dem Gang der Röstung und von Witterungsverhältnissen ab. Beim Rösten in Stadeln läßt man wohl die Schwefeldämpfe in seitwärts angebrachten Condensatoren sich zu flüssigem Schwefel oder Schwefelblumen verdichten. Man gewinnt in Stadeln mehr Schwefel als in freien Haufen, jedoch höchstens $\frac{1}{3}$ von derjenigen Menge, welche der Theorie nach erfolgen müßte. Ist in dem Erze Arsenkies enthalten, so entweicht fast alles Arsen dampfförmig theils als metallisches Arsen, theils als Arsensuboxyd, theils als arsenige Säure und der condensirte Schwefel ist stets arsenhaltig (Unterharz). Die Röstung der Schwefelungen mit Wasserdampf bei Abschluß der Luft erfordert eine höhere Temperatur, also mehr Brennmaterial, und mehr Zeit, als das gewöhnliche Rösten, und wird nur in solchen Fällen vortheilhaft sein, wo es auf möglichst vollständige Abscheidung von Schwefel, Arsen und Antimon ankommt oder bei silberreichen Erzen der Silberverlust möglichst vermindert werden soll. Wird nun ein Bleierz ꝛc., welches neben Erden die Schwefelungen des Bleies, Eisens, Kupfers, Zinks, Antimons, Arsens, Kobalts, Nickels ꝛc. enthält (Rammelsberger Erze), in Stücken geröstet, so wird das Schwefeleisen an der Oberfläche eines jeden Stückes zuerst in schweflige Säure und Eisenoxydul verwandelt. Ein Theil der ersteren entweicht unverändert, ein anderer verwandelt sich durch Contact in Schwefelsäure und verbindet sich mit dem Eisenoxydul bei passender Temperatur theilweise, während das übrige Eisenoxydul durch den Sauerstoff der Luft in Eisenoxyduloxyd umgeändert wird. Das schwefelsaure Eisenoxydul geht bei steigender Temperatur allmälig in schwefelsaures Eisenoxyd (unter Entwicklung von schwefliger Säure) und dieses unter Abgabe seiner Schwefelsäure in freies Eisenoxyd über. Dieses überzieht die Bruchstücke des Röstgutes, ist aber hinreichend porös, um der zuströmenden Luft Zutritt zum Innern zu verschaffen. Es wiederholt sich dann derselbe Proceß mit der nächsten Schicht Schwefeleisen, nur mit dem Unterschiede, daß die durch den Ueberzug von Eisenoxyd vor zu schneller Entfernung geschützte Schwefelsäure auf das gebildete Eisenoxydul und auch auf das noch unveränderte Schwefeleisen oxydirend einwirkt, was immer mehr geschieht, je weiter die Bildung von Eisenoxyd auf der Oberfläche fortschreitet. Die Schwefelsäure bildet sich in reichlicher Menge aus der schwefligen Säure und der zutretenden Luft in Berührung mit den Eisenoxydtheilen, wirkt, wenn sie in dem betreffenden Bruchstück nicht mehr nützen kann, auf ein darüber befindliches oxydirend ein und entweicht endlich als solche oder theilweise zu schwefliger Säure reducirt in die Luft. Tritt nicht hinreichend Luft zu dem Innern der Bruchstücke, so kann durch die anwesende schweflige Säure Sinterungen veranlassendes Eisenoxyduloxyd gebildet werden. Auch scheidet sich dann wohl Schwefel auf der Oberfläche aus, welcher entweder aus Schwefelkies dampfförmig ausgetrieben ist oder aus der schwefligen Säure entsteht, welche durch Contact in Schwefelsäure und Schwefel sich umsetzt.

Eine Bildung von Eisenoxyduloxyd kann auch dadurch eintreten, daß Dämpfe von Schwefelblei auf das die Oberfläche der Bruchstücke überziehende Eisenoxyd einwirken, wobei Bleioxyd und schweflige Säure entstehen.

Das im Erze ꝛc. enthaltene Schwefelblei geht beim Rösten in Bleioxyd und schwefelsaures Bleioxyd über (S. 901), und zwar ist die äußere Rinde reicher an Blei als der Kern. Das schwefelsaure Bleioxyd findet sich im Röstbaufen theils als lockeres, krystallinisches glanzloses Pulver, theils in matten traubigen Partien, theils in durchscheinenden glänzenden Nadeln und Blättchen, theils in Pseudomorphosen nach Schwefelblei in Krystallen von zusammenhängenden Würfeln mit treppenartig vertieften Begrenzungsflächen. Die Bildung von schwefelsaurem Bleioxyd in seinen verschiedenen Gestalten läßt sich dadurch erklären, daß das schwerer als Schwefeleisen oxydirbare Schwefelblei in den unteren Theilen der Röste sich verflüchtigt, durch die Zwischenräume und Poren der oberen Theile hindurchdringt und sich hier durch den Sauerstoff der Luft oder die Schwefelsäure oxydirt, welche aus dem schon abröstenden Schwefelkies erzeugt ist. Dadurch entsteht eine bleireiche Kruste. Krystalle von Schwefelblei bilden sich aus dessen Dampf oben im Rost durch Abkühlung da, wo es an Luft fehlt und die Temperatur noch niedrig ist. Bei steigender Temperatur können diese Krystalle hauptsächlich durch dampfförmige Schwefelsäure in schwefelsaures Bleioxyd mit Beibehaltung ihrer Krystallgestalt übergehen. Das Schwefelblei nimmt, indem es sich verflüchtigt, andere nicht flüchtige Schwefelmetalle, wie Schwefelsilber mit, wodurch bedeutende Metallverluste entstehen können.

Schwefelkupfer verwandelt sich beim Rösten anfangs in schweflige Säure und Kupferoxydul, dann in Kupferoxyd und schwefelsaures Kupferoxyd (S. 915). Durch gegenseitige Einwirkung von Kupferoxydul und Schwefelkupfer scheidet sich wohl auch metallisches Kupfer knospenförmig aus, welches zuweilen mit concentrischen Schalen von Kupferoxydul, schwefelsaurem Kupferoxyd, Eisenoxyduloxyd und Eisenoxyd umhüllt ist.

Schwefelsilber giebt anfangs metallisches Silber und schweflige Säure, später aber auch schwefelsaures Silberoxyd. Beim Verflüchtigen von Schwefelblei wird auch Schwefelsilber mit fortgerissen, woraus sich der oft größere Silbergehalt an der Oberfläche des Haufens erklärt. Man vermeidet es deshalb, bleireiche silberhaltige Producte, z. B. Bleisteine, ohne Weiteres zu rösten; vielmehr entzieht man denselben zuvor durch Umschmelzen mit passenden Zuschlägen (Verändern) den größten Theil ihres Blei- und Silbergehalts. Damit dieser Metallverlust beim Rösten möglichst gering ausfalle, macht man den Rost nicht zu niedrig, damit sich die verflüchtigten Substanzen wieder theilweise condensiren können, aber auch nicht zu hoch, damit der Luftzug nicht zu rapide wird. Ein Bedecken des Rostes an den pyramidalen freien Seiten ist auch von Nutzen.

Durch einen Antimon- und Arsengehalt wird der Silberverlust begünstigt. Dies hat darin seinen Grund, daß theils diese Metalle, wenn sie sich lebhaft

oxydiren und verflüchtigen, Silber mechanisch mit fortnehmen, theils verflüchtigt sich auch Silberoxyd, wenn sich das Röstgut beim Rösten in eine lockere Masse verwandelt und dabei die Temperatur im Roste hoch und der Luftzutritt stark ist (S. 902).

Schwefelzink, Schwefelnickel und Schwefelkobalt gehen bei der Oxydation des Schwefeleisens theils in freie, theils in schwefelsaure Metalloxyde über, welche durch heißes Wasser ausgezogen und theilweise nutzbar gemacht werden können (Zinkvitriolgewinnung am Unterharz aus gerösteten Bleierzen). Das in Lösung gegangene schwefelsaure Silberoxyd wird durch Kupferoxydul metallisch ausgefällt.

Schwefelantimon verwandelt sich theils in flüchtige antimonige Säure, theils bildet sich eine Verbindung von antimoniger Säure und Antimonsäure, sowie auch antimonsaure Metalloxyde. Arsen verflüchtigt sich theils als arsenige Säure und Arsensuboxyd, bildet aber auch arsensaure Salze.

Die gerösteten Erze können nach Vorstehendem neben unzersetzten Schwefelungen freie Metalloxyde und schwefelsaure, arsensaure und antimonsaure Metalloxyde enthalten. Gut geröstete Stücke haben ein glanzloses, poröses, bräunliches oder dunkelbraunes Ansehen. Eine bläulich schwarze Farbe deutet auf vorhandenes Eisenoxyduloxyd.

Zur Zerstörung der beim Rösten gebildeten schwefelsauren und arsensauren Salze mengt man kohlige Substanzen (grobes Holzkohlenpulver), trockne Sägespäne, Braunkohlenpulver, Tannennadeln ꝛc. (weniger gut Steinkohlen-, Kohks- und Anthracitpulver, weil ersteres leicht Sinterungen veranlaßt, letztere aber schwerverbrennlich sind) unter die glühende Röstpost (Flammofenrösten); beim Rösten in freien Haufen und Stadeln bringt man zwischen das Erz Lagen von solchen kohligen Substanzen. Durch dieses reducirende Rösten zerlegen sich die schwefelsauren Salze entweder unter Entwicklung von schwefliger Säure in freie Oxyde, wenn sich dieselben schwer reduciren lassen, oder es bilden sich bei leichterer Reducirbarkeit Metalle und Schwefeldämpfe, welche letztere entweder entweichen, wenn die Metalloxyde nicht durch dieselben reducirt werden, oder sich mit den reducirten Metallen zu neuen Schwefelungen verbinden. Meist bleiben aber bei solcher Behandlung der schwefelsauren Salze beim Rösten im Großen, wo der Luftzutritt nicht völlig abgeschlossen werden kann, die Metalloxyde als freie Oxyde zurück, während die Schwefelsäure, selbst wenn sie theilweise zu Schwefel reducirt sein sollte, sich thatsächlich in schweflige Säure verwandelt. Das durch Reduction von Eisenoxyd etwa gebildete Eisenoxyduloxyd geht bei dem Luftzutritt wieder in Eisenoxyd über.

Arsensaure Metalloxyde werden durch kohlige Substanzen mehr oder weniger vollständig in freie Oxyde verwandelt, je nachdem die mit der Arsensäure verbundenen Oxyde starke oder schwache Basen sind. Arsensäure entweicht dabei theils als arsenige Säure, theils als Arsensuboxyd. Während sich auf diese Weise arsensaures Eisenoxyd leicht zerlegt, gelingt dies mit arsensaurem Kupferoxyd, welches immer etwas Arsenkupfer giebt, schwieriger und am schwierigsten bei arsensaurem Nickel- und Kobaltoxyd, weil die beim reducirenden Rösten gebildete arsenige Säure mit diesen beiden Metalloxyden in der Hitze feuerbeständige Salze giebt, welche bei Luftzutritt nach dem Verbrennen der Kohle wieder in arsensaure Salze übergehen.

Reducirendes und solvirendes Schmelzen. Von dem Ausfall der Röstung hängt der Erfolg beim Schmelzen hauptsächlich ab, wenn man eine richtige Beschickung (S. 927) und passende Schmelzöfen gewählt hat. Der Zweck des Schmelzens ist, eine Reduction des im Röstgute enthaltenen Bleioxyds und die Auflösung und Verschlackung der vorhandenen fremden Oxyde und Erden herbeizuführen. Derselbe wird möglichst vollständig erreicht, wenn zur Auflösung der fremden Oxyde und Erden passende Zuschläge der Qualität und Quantität nach gegeben werden und keine zu hohe Temperatur angewandt wird, bei welcher sich das Bleioxyd, nicht aber die fremden schwerer reducirbaren Oxyde reduciren und ihre Metalle ins Blei gehen.

Was die Qualität der Zuschläge betrifft, so müssen dieselben nach der Beschaffenheit des Erzes saurer oder basischer Natur sein. Enthält das Erz wenig oder keine Kieselerde und viele Metalloxyde, die verschlackt werden sollen, so bedarf es kieselerdehaltiger Zuschläge (saurer Schlacken) in hinreichender Menge (Unterharz). Zu viel Kieselerde in der Beschickung giebt zu strengflüssige Schlacken und verschlackt Blei, zu wenig giebt Veranlassung zur Reduction der fremden Metalloxyde, deren Radicale entweder das Blei verunreinigen (Kupfer, Arsen, Antimon ꝛc.) oder strengflüssige Ansätze (Bühnen, Sauen) im Heerde erzeugen (Eisen), welche den Ofengang in Unordnung bringen können. Auch werden bei Mangel an Kieselerde die Schlacken zu basisch, erstarren in Folge dessen leicht und separiren sich bei ihrem höheren specifischen Gewicht nicht vollständig genug vom Bleistein.

Als basische Zuschläge wendet man häufig Eisenfrischschlacken, gerösteten Rohstein oder Eisensteine an, welche reich an oxydirtem Eisen sind. Dieses wirkt weniger direct entschwefelnd auf das in der Beschickung vorhandene Schwefelblei als dadurch günstig auf das Bleiausbringen, daß das Eisenoxydul als stärkere Base verschlacktes Bleioxyd aus seiner Verbindung mit Kieselerde ausscheidet oder doch seine Verschlackung verhindert.

Man sucht beim Beschicken auf die Bildung von Singulosilicatschlacken oder solchen in Vereinigung mit Subsilicatschlacken (Analysen S. 891) hinzuwirken, welche sich bei einer nicht zu hohen Temperatur erzeugen, in der sich das Bleioxyd reduciren kann, ohne daß zu viel von den fremden Oxyden reducirt wird. Solche Schlacken sind frisch, d. h. ziemlich flüssig, und gestatten ein besseres Absetzen des Werkbleies und Bleisteines.

Da das Röstgut stets unzersetzte Schwefelungen und schwefelsaure Metalloxyde enthält, welche letztere beim reducirenden Schmelzen theilweise wieder in Schwefelmetalle übergehen, so entsteht beim Schmelzen durch Vereinigung der Schwefelungen stets Bleistein, welcher meist noch einer weiteren Entbleiung, Entsilberung und Entkupferung bedarf. Besteht das Erz im Wesentlichen aus Schwefelblei und enthält nicht zu viel fremde Schwefelungen, so bewirkt ein Zuschlag von metallischem Eisen beim Verschmelzen des Röstgutes die Entstehung

eines blei- und silberärmeren Steines (Przibram, Pontgibaud ꝛc.). Sind im Röstgute Antimon und Arsen im oxydirten oder geschwefelten Zustande vorhanden, so geben diese Stoffe zur Entstehung von Bleispeise (S. 890) Veranlassung.

Die Bildung von Ofenbrüchen (S. 894) findet oft in reichlicher Menge Statt, wenn die Erze flüchtige Stoffe, wie Zink, Antimon, Arsen ꝛc. enthalten.

Da die gerösteten Bleierze beim Verschmelzen keiner so hohen Temperatur bedürfen als rohe Erze bei der Niederschlagsarbeit, so sind für erstere auch nicht so hohe Oefen erforderlich; es genügen meist Halbhohöfen, doch kommen auch Krummöfen zur Anwendung (S. 920), welche beide meist nach Art der Sumpföfen (Unterharz, Freiberg, Joachimsthal, Schemnitz ꝛc.), seltener als Tiegelöfen (Stolberg, Belgien ꝛc.) zugemacht sind. Zinkische Erze verschmilzt man am besten in niedrigen Oefen, um das strengflüssige Schwefelzink als solches durch viel leichtflüssige Zuschläge in die Schlacke zu führen. In höheren Oefen reducirt sich viel Zink, welches zur Bildung von Ofenbrüchen beiträgt, die nur kurze Schmelzcampagnen gestatten. Bei niedrigeren Oefen entweicht ein Theil des Zinks dampfförmig aus der Gicht.

Das Schmelzen geschieht entweder mit Kohks oder mit Holzkohlen oder zweckmäßig mit einem Gemenge von beiden. Während die Kohks die Hitze mehr vor der Form concentriren, geben die leichter verbrennlichen Holzkohlen mehr Hitze nach oben und tragen zur Vorbereitung der Beschickung mehr bei.

Beispiele für die Röstreductionsarbeit in Schachtöfen. Die oben mitgetheilten Erfahrungen und Theorien liegen den an nachstehenden Orten ausgeführten Schmelzprocessen zu Grunde:

I. Zur Okerhütte, Herzog-Julius-Hütte und Frau-Sophien-Hütte am Communion-Unterharze bei Goslar verhüttet man die Erze des Rammelsberges, ein inniges Gemenge von Schwefelkies, Bleiglanz, Kupferkies, Zinkblende, Arsenkies, Schwefelantimon ꝛc., mit wenig erdigen Theilen (Schwerspath, Kalkspath, Quarz, Thonschiefer). Nach ihren vorwaltenden nutzbaren Stoffen theilt man die Erze in reine Kupfer- und Bleierze und in melirte Erze, ein Gemenge von beiden; der Größe nach in Stufferz, Bergkern, Waschkern, Gräupel und Schliech. Bleierze und melirte Erze werden separirt auf einer Röstsohle *a* (Fig. 223) von 32 Fuß Quadrat in der Weise zu einem abgestumpft pyramidalen Haufen aufgestürzt, daß man zu unterst 9 bis 10 Malter (720 bis 800 Cubikfuß) Fichtenholz *b* unter Herstellung von Zugcanälen bringt, darauf eine 4½ Fuß hohe Lage Stufferz, darauf 4 bis 8 Zoll stark Bergkern, 4 bis 8 Zoll hoch Waschkern und endlich 3 Zoll hoch Gräupel stürzt und das Ganze unten an den Seiten 20 bis 24 Zoll, oben 4 bis 5 Zoll stark mit Erzklein bedeckt. Durch Zusammenstellung von Holzscheiten bildet man entweder in der Mitte des Haufens einen Schacht *c* oder läßt diesen, wie dies neuerdings immer geschieht, ganz weg. Die Röste ist 7 Fuß 4 Zoll hoch und hat an der Grundfläche 31 Fuß, oben 10 Fuß 4 Zoll Seitenlänge. 12 bis 14 Stunden nach dem Anzünden ist das Holz weggebrannt und der Rost röstet nun 16 bis 18 Wochen von selbst fort, was durch seinen bedeutenden Schwefelkiesgehalt ermöglicht wird. Zeigt sich nach 10 bis 12 Tagen auf der Röste flüssiger Schwefel, so stampft man in die Oberfläche 25 halbkugelförmige Löcher *e* von 12 bis 14 Zoll Durchmesser und 8 bis 10 Zoll Tiefe und schöpft den sich darin ansammelnden flüssigen Schwefel, dessen gewonnene Menge sich nach dem Gange der Röstung und den Witterungsverhältnissen richtet, von Zeit zu Zeit aus. Von einem Rost (3000 Ctnr.) erhält man bei 80 Proc. Schwefelkiesgehalt des Erzes nur 15 bis 20 Ctnr. Schwefel.

Zur Ersparung des Röstholzes hat man das Rösten der Erze in Wellner'schen Röststadeln (Fig. 225) versucht, dabei aber zu viel gesintertes Röstgut erhalten. Bessere Resultate gab eine solche Stadel, wenn man an einem gewöhnlichen Röstbaufen mit horizontaler Sohle nur an einer Seite eine Mauer mit Schürlöchern anbrachte, die drei übrigen Seiten aber frei ließ. Diese Röstmethode liegt noch in Versuchen.

Zur Herzog-Julius-Hütte werden die einmal gerösteten Erze ausgelaugt und die Lauge auf Zinkvitriol versotten; zu Oker röstet man einen Theil der melirten Erze in kleinen Schachtöfen (Kilns) und benutzt die dabei erzeugte schweflige Säure auf englische Schwefelsäure.

Nach der ersten Röstung folgt noch eine zweite und dritte in bedachten Schuppen.

Die dreimal gerösteten Erze haben eine gelblich-braune, erdige Farbe, sind zusammengebacken, dabei aber mürbe und enthalten im Centner 4 bis 10 Pfd. Blei, ¼ Loth Silber und in 37000 Ctnr. etwa 1 Pfd. Gold, welches demnächst aus dem Blicksilber noch mit Vortheil geschieden wird.

Das an fremden Oxyden, namentlich an Eisenoxyd reiche Röstgut bedarf kieselhaltiger Zuschläge, welche in Gestalt von Oberharzer Schliechschlacken (Analysen S. 893) gegeben werden. Diese sind nahe Bisilicate und gehen durch Aufnahme von Basen beim Schmelzen in Singulosilicate über. Eine beschickte Schicht enthält 12 Scherben à 4 Cubikfuß 526,5 Cubikzoll = 35 Ctnr. Erz, 3 Scherben = 10 Ctnr. Oberharzer Schliechschlacken, ¼ bis ½ Ctnr. Glätte und Heerd und wohl noch einige Centner bleihaltige Abfälle von den Blei- und Kupferarbeiten, sowie Erzschlacken nach Bedürfniß.

Diese Beschickung wird in Sumpföfen (Fig. 226 u. 227) von 12 Fuß Höhe, 1 Fuß Weite und 2 Fuß 10 Zoll Tiefe bei heller Gicht (zur Verflüchtigung des Zinks) und kurzer Nase geschmolzen. *a* Fundament. *b* Abzugscanal für die Feuchtigkeit. *c* Sohlstein. *d* Kernschacht. *e* Rauhgemäuer. *f* offene Vorwand. *g* geschlossene Vorwand darüber. *h* Rauchfang. *i* Oeffnung, durch welche der Rauch in die Esse *k* gelangt. *l* Aufgebeöffnung. *m* Beschickungsboden. *n* Formgewölbe. *o* Windständer. *p* Düse. *q* Vorheerd. *r* Gestübbesohle. *s* Lehmsohle. *t* Sumpf. *u* horizontale Schieferplatte und *v* geneigte Schieferplatten zum Verschluß der Vorwand. *u* und *v* bilden den sogenannten Zinkstuhl. In dem durch diese Schieferplatten gebildeten, mit kleinen Kohlen gefüllten Raum wird das durchs Gebläse hineingetriebene oxydirte Zink und Blei reducirt, das gebildete bleihaltige Zink auf der horizontalen Schieferplatte angesammelt und davon durch

eine Rinne in eine eiserne Form abgelassen. Die meisten Oefen haben jedoch keinen Zinkstuhl mehr, weil das gewonnene Zink den dabei entstehenden Bleiverlust nicht aufwiegt. *w* verticale Schieferplatte über der Oeffnung

Fig. 226.

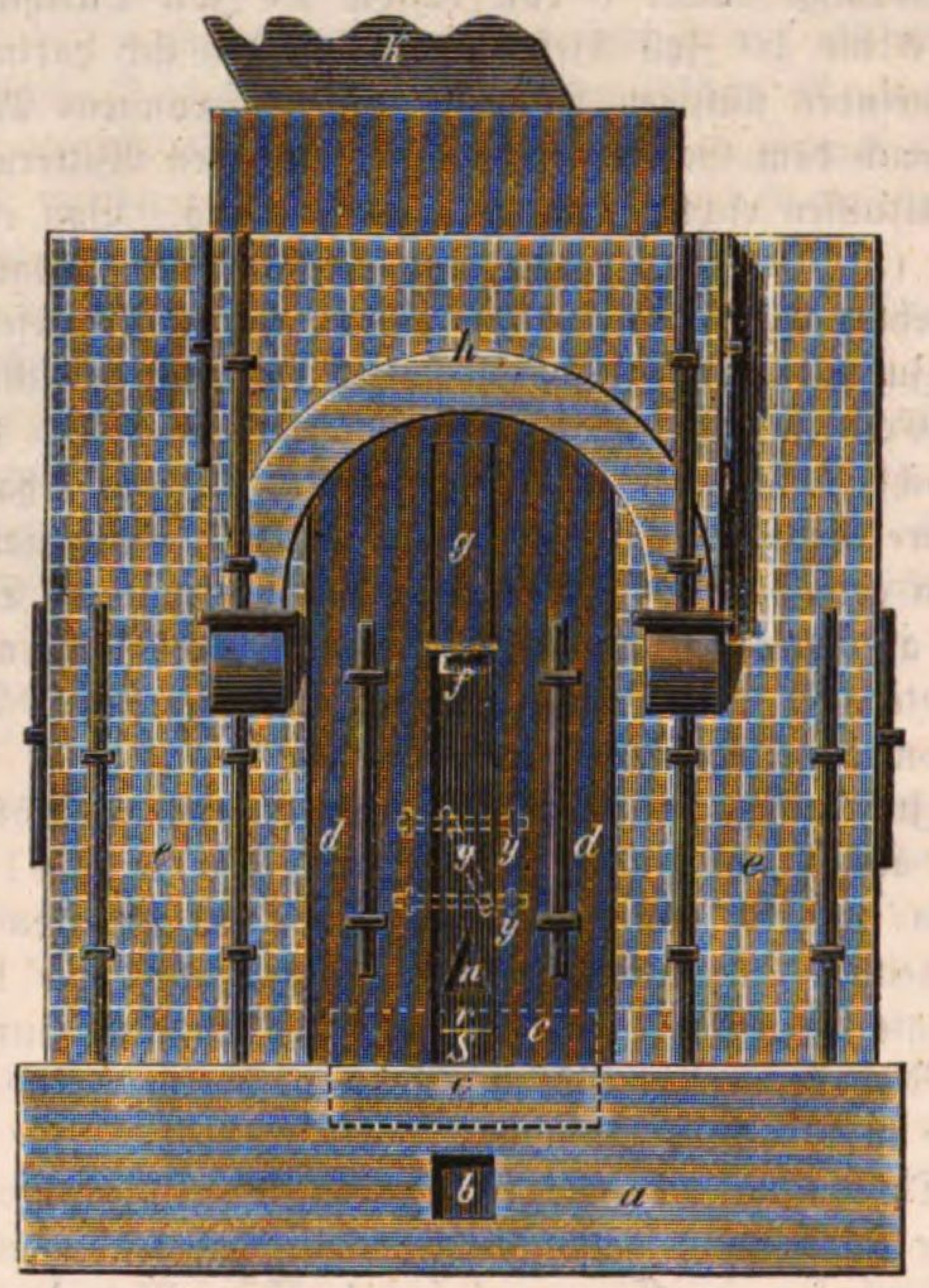
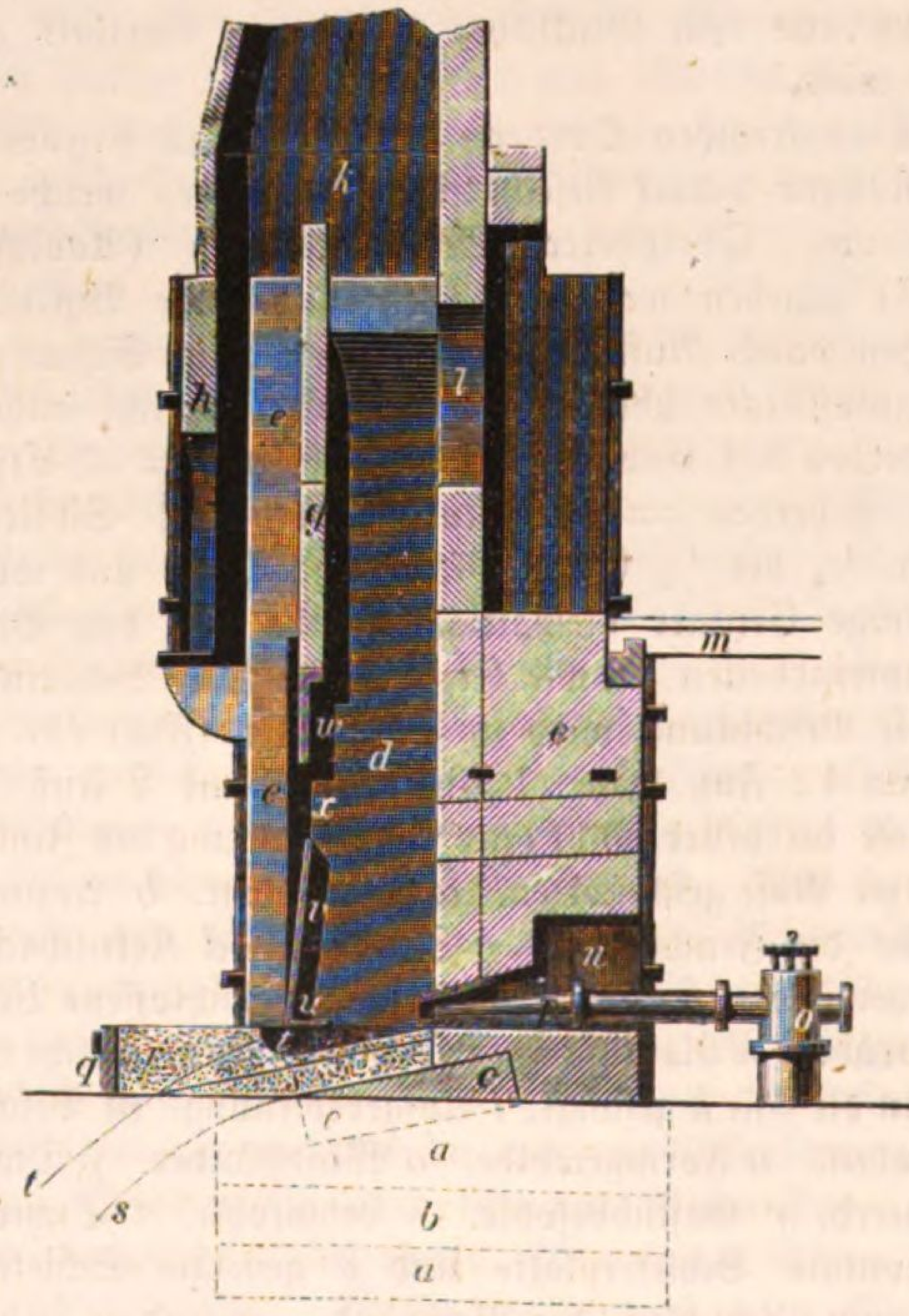


Fig. 227.



x, welche zum Einwerfen der Kohlen auf den Zinkstuhl dient. *y* Verankerung für die Schieferplatten *v*.

Bei einem Aufwand von 10 Maß à 10 Cubikfuß Holzkohlen und 18 Balgen à 3 Cubikfuß Kohks erfolgen von einer beschickten Schicht:

1) 2,47 bis 3,57 Ctnr. Werkblei mit $3^3/_4$ bis $4^3/_4$ Loth Silber im Centner, welches abgetrieben wird. Das dabei fallende Blicksilber kommt zur Goldscheidung, die Glätte zum Verfrischen, früher auch in die Kupferarbeiten, der Abstrich wird auf Hartblei verfrischt und der Abzug auf Werkblei und kupferhaltigen Stein verschmolzen.

2) 1,7 bis 6 Ctnr. Bleistein (Analysen S. 885) mit 4 bis 20 Proc. kupferigem Blei und $^1/_4$ bis $^1/_2$ Loth Silber im Centner. Derselbe wird im gerösteten Zustande entweder mit Oberharzer Schliechschlacken auf Werkblei und Kupferstein verschmolzen oder zuvor den Bleierzschichten so lange zugeschlagen, bis er hinreichend kupferhaltig ist, um auf dieses Metall weiter verarbeitet zu werden.

3) 0,5 bis 5 Pfd. Zink, welches durch mehrmaliges Umschmelzen von Blei gereinigt wird. Beide separiren sich dabei nach dem specifischen Gewichte und ersteres läßt sich von letzterem abgießen.

4) Zinkische Ofenbrüche (Analysen S. 859), welche zur Darstellung von metallischem Zink zu Borbeck in Westphalen und von Chlorzink in Goslar verwandt sind.

5) 8 bis 10 Scherben Schlacken (Analysen S. 894), welche zum größten Theil abgesetzt und nur zum geringen Theil bei den Schmelzarbeiten wieder zugeschlagen werden.

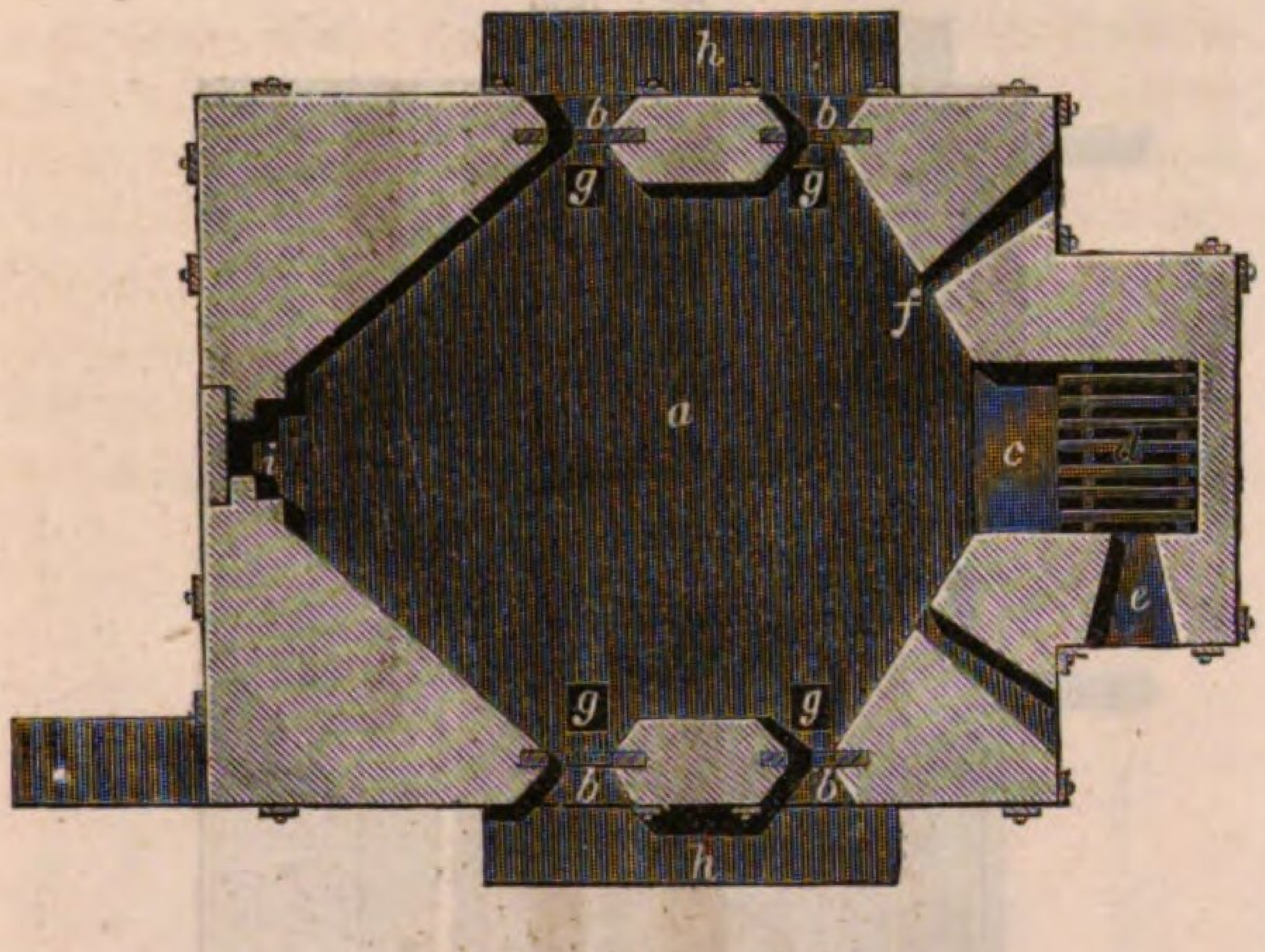
II. In Freiberg verschmilzt man auf Muldener und Halsbrückner Hütte silberreiche Dürrerze und silberhaltige Bleierze mit mehr oder weniger Schwefelkies, Zinkblende, Antimon- und Arsenverbindungen und geringem Kupfergehalt. Die Erze werden gewöhnlich zu einem Gehalt von 34 bis 38 Pfd. Blei und 15 bis 18 Pfundtheilen Silber im Centner gattirt.

Das Rösten der Erze, mit Ausnahme der sehr silberreichen, welche gleich zur Beschickung kommen, geschieht in ungarischen Flammöfen mit Flugstaubkammern, in größeren englischen Flammöfen und in Doppelröstöfen. Die ungarischen Flammöfen haben einen 10 Fuß langen und 7 Fuß 2 Zoll breiten Heerd von oblonger Gestalt mit gebrochenen Ecken, über welchem das Heerdgewölbe in der Mitte 14 Zoll und an den Seiten 10 Zoll hoch sich befindet. An der einen langen Seite liegt der 5 Fuß 8 Zoll lange und 1 Fuß 3 Zoll breite Rost. Der Fuchs führt in 4 Flugstaubkammern, welche auf dem Heerdgewölbe ruhen. Die Arbeitsöffnung ist 2 Fuß 8 Zoll breit und 14 Zoll in der Mitte, an den Seiten 8 Zoll hoch. Man verröstet in 6 Stunden 7 Ctnr. Erzbeschickung bei einem Aufgang von 1,7 Ctnr. Steinkohlen. Diese Oefen kommen neuerdings nur noch wenig in Anwendung.

Die englischen Flammöfen sind entweder mit Gasfeuerung vorgerichtet (Fig. 215 und 216) oder für gewöhnliche Steinkohlenfeuerung (Fig. 228) hergestellt. In letzterem Falle liegt der 4 Fuß lange und 3 Fuß 6 Zoll breite Rost 4 Fuß 7 Zoll unter dem Gewölbe. Der Heerd ist 16 Fuß 9 Zoll lang und 13 Fuß breit. Man röstet in einem Ofen mit Gasfeuerung in 8 Stunden 20 Ctnr. Erz und verbraucht zur Erzeu-

gung des gasförmigen Brennmaterials 3,5 Ctnr. Steinkohlen von geringer Qualität und 3,0 Ctnr. Cinder oder Kohks.

Fig. 228.



In den Oefen mit directer Feuerung verarbeitet man in 8 Stunden eine Post von 25 Ctnr. mit 2 Scheffel à 4,51 Cbfß. Schieferkohlen und $^{1}/_{3}$ Scheffel Waschkohlen.

Neuerdings röstet man die Erze meist in Oefen mit combinirter directer und indirecter Feuerung (Doppelöfen), wo die Flamme, nachdem sie den unteren, in gewöhnlicher Weise eingerichteten Flammofenheerd passirt hat, einen darüber liegenden muffelartigen Raum umspielt, aus welchem die beim Rösten der frischen Erze gebildete schweflige Säure abgeleitet und zur Schwefelsäurebereitung benutzt wird. Hierdurch, sowie durch Einleitung der Verbrennungs- und Röstproducte vom unteren Heerd in eine hohe Esse wird der schädliche Einfluß des Hüttenrauches auf die Umgebung sehr beschränkt.

Nachdem Posten von 10 Ctnr. auf dem oberen Heerd 4 Stunden abgeröstet, werden sie noch ebenso lange auf dem unteren erhitzt. Man verbraucht dabei im Ganzen 432 Pfd. Steinkohlen.

Zur Beschickung der gerösteten Erze, welche ein erdiges und schwärzliches Ansehen haben, kommen:

a) 30 bis 50 Proc. gerösteter Rohstein. Derselbe ist reich an Eisenoxyd, welches beim Erzschmelzen etwa verschlacktes Bleioxyd ausscheidet und die Schlacke leichtflüssig macht, auch zur Entschwefelung von unzersetztem Bleiglanz beiträgt. Sein geringer Silbergehalt wird zugleich durch das Blei ausgezogen und ein etwaiger Kupfergehalt im Bleistein angereichert. Man erhält den Rohstein durch die Roharbeit, wobei man den Silbergehalt armer Erze und Producte in einer geringeren Menge Stein concentrirt, welchen man, wenn in den Erzen sich kein Schwefelkies befindet, durch einen Kieszuschlag erzeugt. Erdige Bestandtheile und fremde Metalloxyde werden dabei verschlackt. Zur Zeit stellt man den Rohstein dar durch Verschmelzen von Bleischlacken mit silberarmen kiesigen Erzen (Zuschlagserzen) im Flammofen, wovon beim Verschmelzen der Bleischlacken (sub D. VI.) weiter die Rede sein wird. Früher verschmolz man behuf Darstellung von Rohstein silberarme Dürrerze, bleiische Erze und arme Kupfererze unter Zuschlag von rohem und auch wohl geröstetem Schwefelkies und Bleischlacken in einfachen und Doppelschachtöfen. Solcher Rohstein hatte folgende Zusammensetzung:

	Eisen.	Blei.	Kupfer.	Zink.	Silber.	Nickel.	Antimon.	Arsen.	Schwefel.	Kieselsäure.	Kohle.
1)	65,50	3,55	1,75	—	0,13	—	—	7,12	20,80	—	—
2)	64,59	6,21	1,65	0,56	0,13	—	—	5,60	18,98	—	—
3)	68,64	6,02	1,80	1,40	0,18	—	—	2,50	19,01	—	0,21
4)	69,00	2,50	3,50	6,10	Spur	—	Spur	—	17,00	—	—
5)	68,40	2,30	3,40	6,20	0,16	—	—	—	17,30	0,41	0,21
6)	57,33	8,86	3,27	1,38	0,15	0,51	0,19	1,24	26,49	—	—
7)	54,27	6,83	5,43	3,63	0,09	1,10	0,27	0,39	27,04	—	—
8)	57,78	5,01	4,42	2,62	0,09	1,31	—	0,24	26,70	—	—
9)	61,04	3,66	3,33	0,67	0,07	0,52	0,58	—	27,65	—	—
10)	56,61	5,49	5,59	4,77	0,20	0,53	0,03	—	22,49	2,67	—
11)	53,81	7,35	3,87	7,65	—	—	0,84		23,43	2,11	—

1) Nach Vieberg; 2) nach Schaff; 3) bis 5) nach Kersten; 6) nach Plattner, Erzrohstein bei kaltem Winde erzeugt von Muldner Hütte; 7) bis 8) nach Plattner, Schlackenrohstein aus alten Haldenschlacken bei heißem Winde erzeugt; 9) desgleichen nach Conrad; 10) Concentrationsstein vom Concentriren des gerösteten Rohsteins im Flammofen, nach Conrad. 11) Flammofenrohstein von gutem Gange nach Th. Richter.

Nach Plattner besteht der Rohstein hauptsächlich aus $Fe_2S . FeS$ in öfters etwas und zwar der Art abweichenden Verhältnissen, daß entweder das Fe_2S gegen das FeS in überwiegender Menge vorhanden ist, z. B. x $(Fe_2S . FeS) + (m Fe_2S . FeS)$, seltener tritt das umgekehrte Verhältniß ein, z. B. x $(Fe_2S . FeS) + (Fe_2S . n FeS)$. Zuweilen ist ein Theil des Halb- und Einfach-Schwefeleisens durch Halb-Schwefelkupfer, Schwefelblei, Schwefelzink, Schwefelmangan und Schwefelsilber vertreten und es sind Schlackentheile eingemengt. Fehlte es in der Beschickung an Quarz und war in Folge dessen die Verschlackung der erdigen Theile unvollkommen, so kann ein Theil des in der Beschickung enthaltenen Eisenoxyds nach der Reduction zu Oxydul in den Rohstein gehen und sich ein Oxysulfuret $= m Fe_2S + FeO$ bilden, so daß der Rohstein folgende Zusammensetzung erhält: $m Fe_2S + n Fe(S, O)$. Bei hinreichendem Quarzgehalt in der Beschickung reducirt sich das in dem gerösteten Schwefelkies enthaltene Eisenoxyd auf Kosten des aus dem rohen Theile dampfförmig entweichenden Schwefels zu Eisenoxydul, welches dann verschlackt wird. Zuweilen scheidet sich Eisenoxyduloxyd krystallinisch in Drusenräumen der Schlacken aus.

Nach Rammelsberg entspricht die Zusammensetzung der Rohsteine dem Ausdruck $2 RS . R_2S$ oder $3 RS . 2 R_2S$, wo $RS = FeS, ZnS, AgS, PbS$ und $R_2S = Fe_2S, Cu_2S, Pb_2S$. Das Rösten des Rohsteins geschieht in den Wellner'schen Röststadeln (Fig. 225) auf die be-

reits angeführte Weise. Man bildet aus großen Bruchstücken von Rohsteinscheiben Zugcanäle, füllt die Stadel mit 2 bis 3 Cubikzoll großen Stücken, im Gewicht von 900 bis 1200 Ctnr. und bedeckt die Seiten der Pyramide mit Röstkläre. Man feuert während 15 bis 16 Stunden mit etwa 3 Scheffel oder 5,7 Ctnr. Steinkohlen, worauf der Haufen noch 6 bis 8 Wochen für sich fortbrennt. Man räumt alsdann den Haufen weg, hält die gut gerösteten Stücke aus, giebt den noch rohen Stücken durch Zerschlagen neue Bruchflächen und bringt sie auf die andere Seite der Stadel in ein zweites Feuer, wobei man schichtenweise etwas Kohkskläre oder Cinder einmengt und den Haufen mit Röstkläre dichter bedeckt. Der Rost brennt nur 4 bis 6 Wochen und man verbraucht dabei ebensoviel Steinkohlen als beim ersten Feuer. Gut gerösteter Rohstein ist leicht, sehr porös und löcherig, läßt sich leicht zerbrechen, besitzt durch und durch eine rothe Farbe und besteht im Wesentlichen aus Eisenoxyd und wenig schwefelsaurem Eisenoxyd. Bei einem Gehalte an Eisenoxyduloxyd entstehen dunkel bläulich-graue knollige oder knospige Stücke, welche beim Zerreiben ein dunkelbraunes, dem Magnete folgendes Pulver geben. Das Schwefelsilber verwandelt sich beim Rösten anfangs in schweflige Säure und metallisches Silber, welches dann aber durch Einwirkung der reichlich sich entwickelnden Schwefelsäure in schwefelsaures Silberoxyd verwandelt wird. Die übrigen im Rohsteine in geringen Mengen enthaltenen Schwefelmetalle verwandeln sich theils in freie, theils in schwefelsaure Metalloxyde.

Geröstete Rohsteine haben nachstehende Zusammensetzung:

	1.	2.	3.
Eisenoxydul und Eisenoxyd	78,010	88,86	81,66
Bleioxyd	9,123	3,31	2,71
Kupferoxyd	3,180	1,56	Spur
Zinkoxyd	2,200	2,00	0,10
Silber	0,190	0,07	—
Schwefelsäure	2,700	2,23	2,07
Arsensäure	2,720	1,25	8,34
Antimonoxyd	1,460	—	—
Schwefel	0,921	0,25	Spur
Kieselsäure	—	—	4,80

1) Nach Lampadius; 2) nach Leschner; 3) nach Winkler.

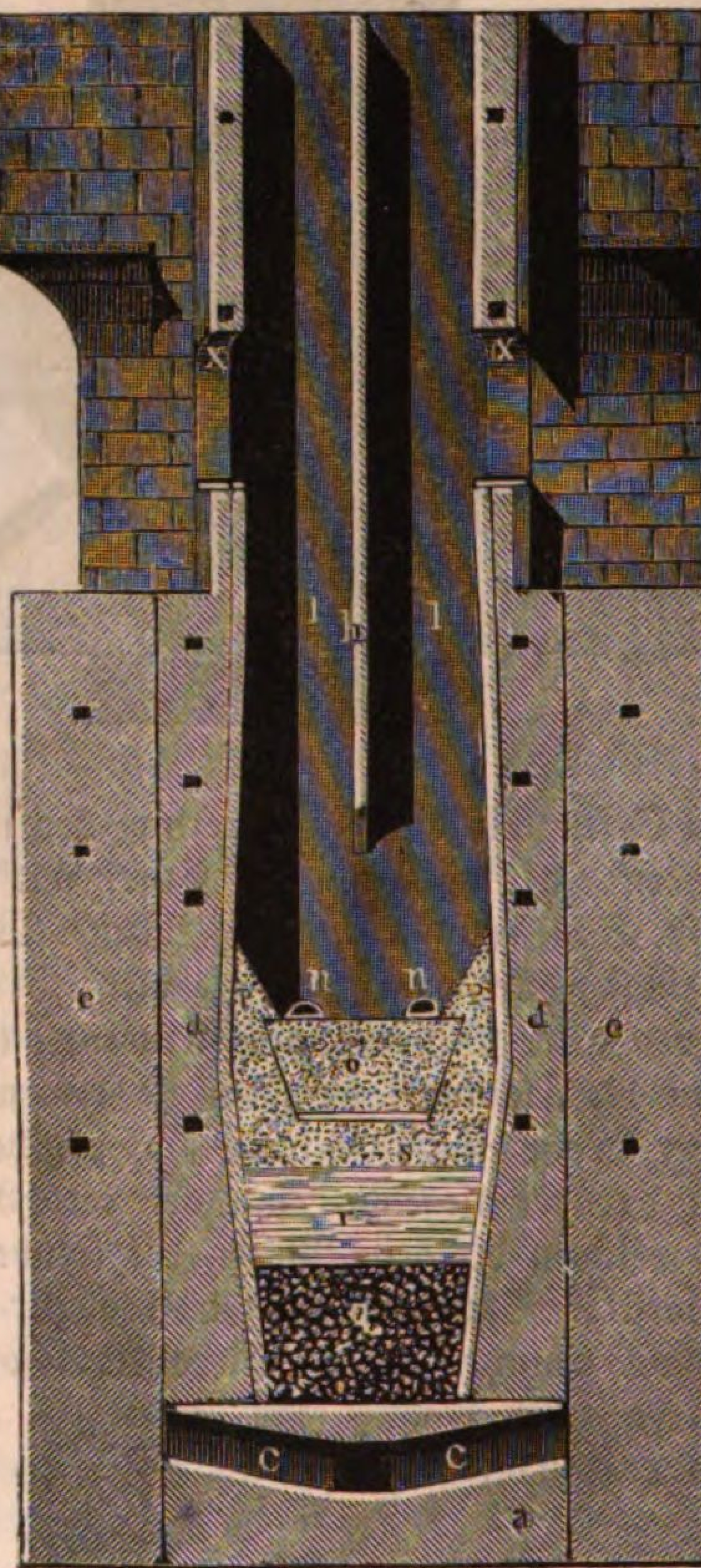
b) Bleiische Vorschläge in Gestalt von Glätte und Heerd in solcher Menge, daß auf jeden Ofen in 24 Stunden 3 Ctnr. Glätte oder 4 Ctnr. Heerd kommen. Man giebt diese Producte immer erst kurz vor dem Abstechen auf.

c) Bleischlacken (Analysen S. 893) in solcher Quantität, daß sie dem Gewicht der Erzbeschickung gleichen, oder mehr.

d) 5 bis 8 Proc. Kalkstein zur Bildung bleiarmer Steine und Schlacken.

Das Verschmelzen der Beschickung geschieht in zweiförmigen, mit einem Schachtscheider versehenen Oefen (Doppelöfen Fig. 229 bis 231) von den Seite 925 angegebenen Dimensionen. *a* Grundmauer. *b* Hauptabzug. *c* Kreuzabzug. *d* Futtermauern. *e* Rauhgemäuer. *f* Brandmauer. *g* Stirnmauer. *h* Schachtscheider. *i* Gneisplatten an jeder Ulme, zwischen denen ein den unteren Theil der Vorwand bildendes Gewölbe *k* in der Weise geschlagen wird, daß die Brust des Ofens offen bleibt. Ueber dem Gewölbe befinden sich zwei Löcher zum Auflockern des Brennmaterials. *l* Schachträume. *m* Formgewölbe. *n* Formen. *o* Schmelzheerd. *p* Gestübbe. *q* Schlackengrund. *r* Lehmsohle. *s* Gestübbesohle. *t* Vor-

Fig. 229.



heerd mit der Vorheerdplatte *p'*. *u* Sumpf vor der Brust. *v* Stich. *w* Stechheerd. *x* Aufgebeöffnungen. *y* Verankerung. *z* Schlackentrifft.

Man setzt in einem solchen Ofen in 24 Stunden durchschnittlich 60 Ctnr. geröstetes Erz, 20 Ctnr. gerösteten Rohstein, 6 Ctnr. Kalk und 90 bis 100 Ctnr. Schlacken mit 24 bis 28 Ctnr. Kohks bei dunkler Gicht und 5 bis 6 Zoll langer Nase durch und erhält dabei folgende Producte:

a) 16 Ctnr. Werkblei mit 50 bis 60 Pfundtheilen Silber, welches im Gebläseflammofen raffinirt, dann pattinsonirt wird.

b) 8 Ctnr. Bleistein (Analysen S. 886) mit 20 Pfundtheilen Silber, 10 Pfd. Blei und 10 Pfd. Kupfer im Centner. Man schmilzt denselben zur weiteren Entsilberung nochmals mit bleiischen Producten und Bleischlacken um (Verändern des Bleisteins), wobei Werkblei mit 18 bis 30 Pfundtheilen Silber und Veränderungsbleistein mit 6 bis 8 Pfundtheilen Silber, 10 bis 15 Pfd. Blei und 8 bis 10 Pfd. Kupfer im Centner resultiren. Letzterer wird in Wellner'schen Stadeln (Fig. 225) 2 bis 5 Mal geröstet, dann mit kieselerdereichen Rohschlacken oder mit quarzigen Kupfererzen, Quarz und bleiischen Schlacken in Doppelöfen auf Werk-

blei und Kupferstein mit 25 bis 40 Pfd. Kupfer und 9 bis 18 Pfundtheilen Silber verschmolzen, welch letzterer auf Kupfer und Silber weiter zugutegemacht wird.

Fig. 230.

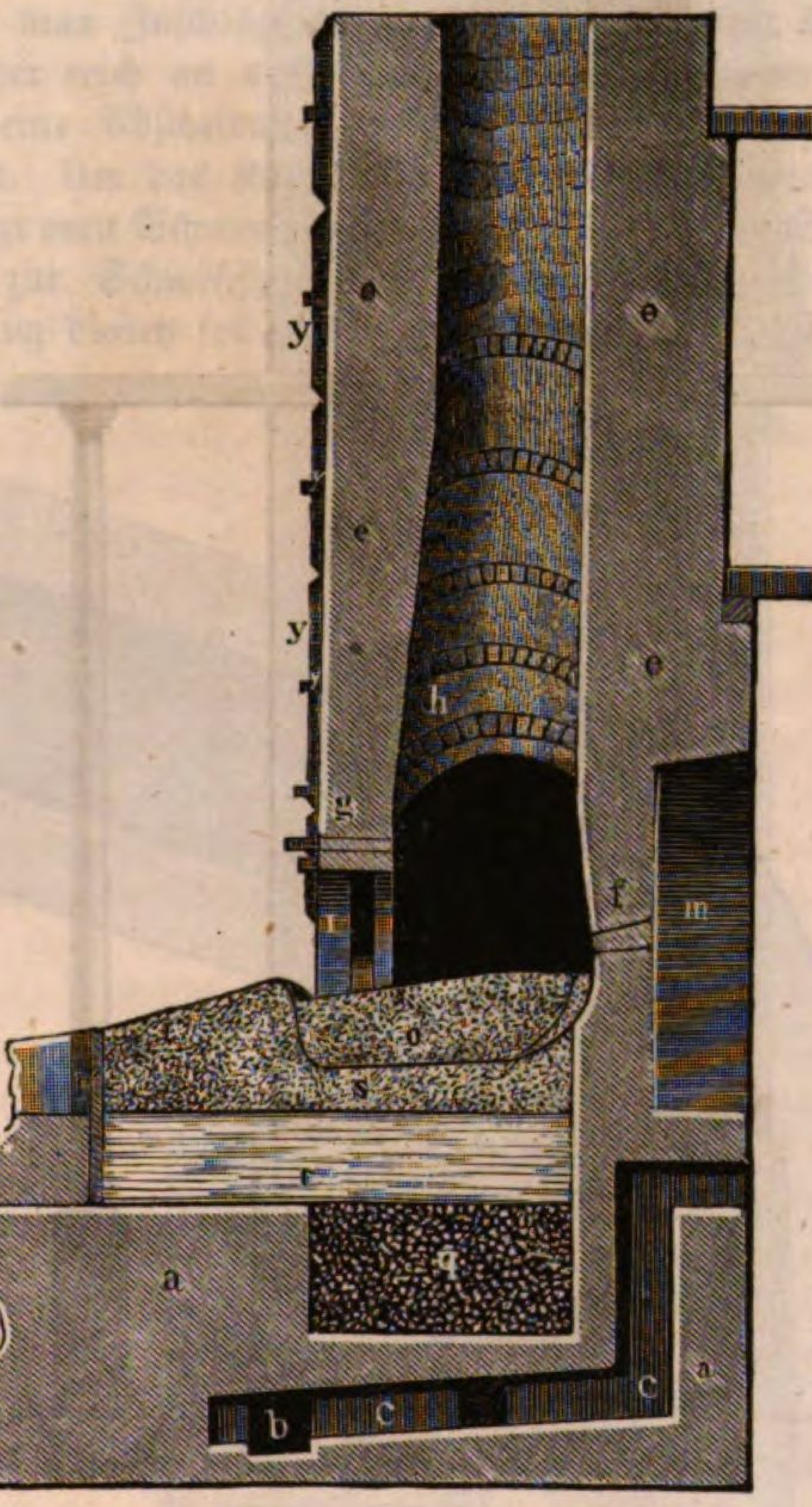
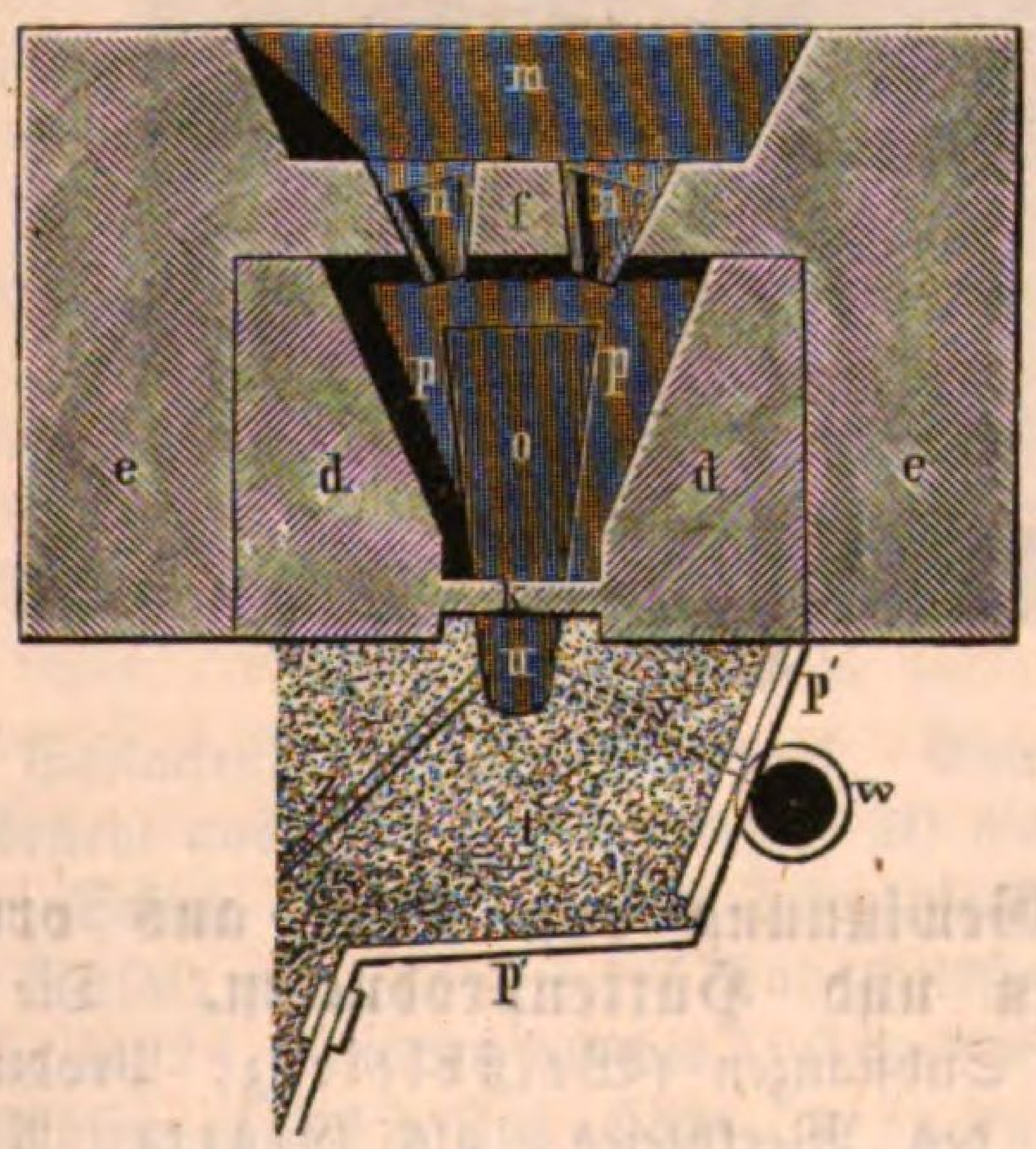


Fig. 231.



c) **Bleispeise** (Analyse S. 890), welche in geröstetem Zustande mit Arsenkies und Schwefelkies oder Schwerspath auf Nickelspeise und einen kupfer- und silberhaltigen Stein verschmolzen wird.

d) **Bleischlacken** (Analysen S. 892) mit 1 bis 1,5 bis 2 Pfundtheilen Silber, 0,3 bis 0,5 Pfd. Kupfer und 5 bis 6 Pfd. Blei, welche man ins Schmelzen giebt oder mit gerösteten Kiesen auf Rohstein verschmilzt.

III. Zu **Przibram** in Böhmen verhüttet man einen silber- und antimonhaltigen Bleiglanz, welcher als Gangarten hauptsächlich Zinkblende und Quarz, weniger Spatheisenstein, Schwefelkies, Kalkspath und Schwerspath führt. Der Zinkblende- und Quarzgehalt erschwert besonders den Schmelzproceß und führt nicht unbedeutende Metallverluste herbei. Der durchschnittliche Metallgehalt wechselt zwischen $7\frac{1}{2}$ bis 9 Loth Silber und 38 bis 40 Pfd. Blei im Centner. Der Blendegehalt beträgt über 20 Proc., der Quarzgehalt 10 Proc. Es zerfallen die Erze in drei Hauptposten: reinen silberhaltigen Bleiglanz, Bleiglanz mit silberhaltiger Blende und Gangarten und silberhaltige Blende mit geringen Mengen anderer Silbererze (Rothgültig, Sprödglaserz, Bournonit, Fahlerz, gediegen Silber).

Früher wurden diese drei Erzposten gemeinschaftlich in Stadeln zwei- bis dreimal geröstet und dann 100 Ctnr. Erz mit 6 bis 8 Ctnr. bleiischen Vorschlägen, 6 bis 8 Ctnr. Roheisen, 30 Ctnr. Eisenfrischschlacken und 74 bis 80 Ctnr. Bleischlacken in Halbhohöfen verschmolzen, wobei nur Werkblei und Schlacke, aber kein Bleistein entstand. Die noch im Röstgute enthaltenen Schwefelungen gehen als solche in die Schlacke, wahrscheinlich durch das Schwefelzink dazu disponirt und mechanisch darin aufgelöst. Die bedeutenden Kosten des Rösteholzes, sowie der große Silberverlust in den Schlacken haben Veranlassung gegeben, die reinen Bleiglanze mittelst der Niederschlagsarbeit zu verarbeiten, die übrigen Erze aber ähnlich wie in Freiberg in Doppelflammöfen zu rösten und dann mit Roheisen, Eisenfrischschlacken und bleiischen Vorschlägen in zweiförmigen Sumpföfen von der **Vogl**'schen Construction (S. 926) auf Werkblei und Schlacke zu verschmelzen. Nach den neuesten Plänen soll bei der Aufbereitung die silberhaltige Blende möglichst abgeschieden, vorsichtig geröstet und durch Auslaugen mit verdünnter Schwefelsäure auf Zinkvitriol benutzt, der silberhaltige Rückstand aber in die Schmelzarbeiten gegeben werden. Die beim Rösten der Bleierze, der Blende und der Leche erzeugte schweflige Säure wird auf Schwefelsäure benutzt.

IV. Zu **Bleiberg** bei Aachen verschmilzt man die Flammofenrückstände (S. 910) in einem Schachtofen, als Tiegelofen (Fig. 232 u. 233) zugemacht, mit 50 bis 80 Proc. Puddelschlacken und 12 bis 22 Proc. Kalk, wobei man den agglomerirten oder zu Briquetten geformten Rauch hinzufügt. Wegen des Blendegehalts der Rückstände gehen die Oefen nur 15 bis 30 Tage. Man bläst mit 0,2 bis 0,3 Meter Wasserpressung. Bei 5 Proc. Metallverlust betragen die Schmelzkosten für 1000 Kilogr. Erz 19,90 Fr. Der fallende geringe Stein enthält nur 3 bis 4 Proc. Blei. Das erfolgende Blei ist sehr antimonhaltig. In den Figuren bezeichnet *a* Ofenschacht. *b* Tiegel. *c* Schlackenauge. *d* Wasserformen. *e* Aufgebeöffnung. *f* Gewölbe, mit welchem die Rauchfänge in Verbindung. *g* Formgewölbe.

V. Zu **Biache St. Vaast** verschmilzt man mit Quarzsand (S. 943) geröstete Erze aus Deutschland, Belgien, Spanien, Sardinien ꝛc. in einem nach Art eines Tiegelofens zugemachten dreiförmigen Castillianischen

Fig. 232.



Fig. 233.



Ofen (Fig. 234 u. 235). *a* Ofenschacht. *b* Tiegel mit Stichcanal am Boden und Schlackenauge *c*. *d* Formen. *e* Aufgebeöffnung. *f* Rauchfang. Der 1 Meter weite Ofen verschmilzt täglich 1000 bis 1200 Kilogr. Erz mit 10 Proc. Roheisen, 10 bis 12 Proc. Marmor und 15 bis 20 Proc. Flußspath und Frischschlacken und 14 bis 15 Proc. Kohks. Man hat 9 Proc. Bleiverlust und zwar 2 Proc. beim Rösten, 4 Proc. im Hohofen und beim Steinrösten und 3 Proc. bei den Entsilberungs- und sonstigen Arbeiten. Auf 1000 Kilogr. Erz betragen die Schmelzkosten 19,53 Fr.

Außerdem wird der Röstreductionsproceß noch ausgeführt in Commern, Stolberg, Joachimsthal, Holzappel, Ems und anderwärts.

Fig. 234.

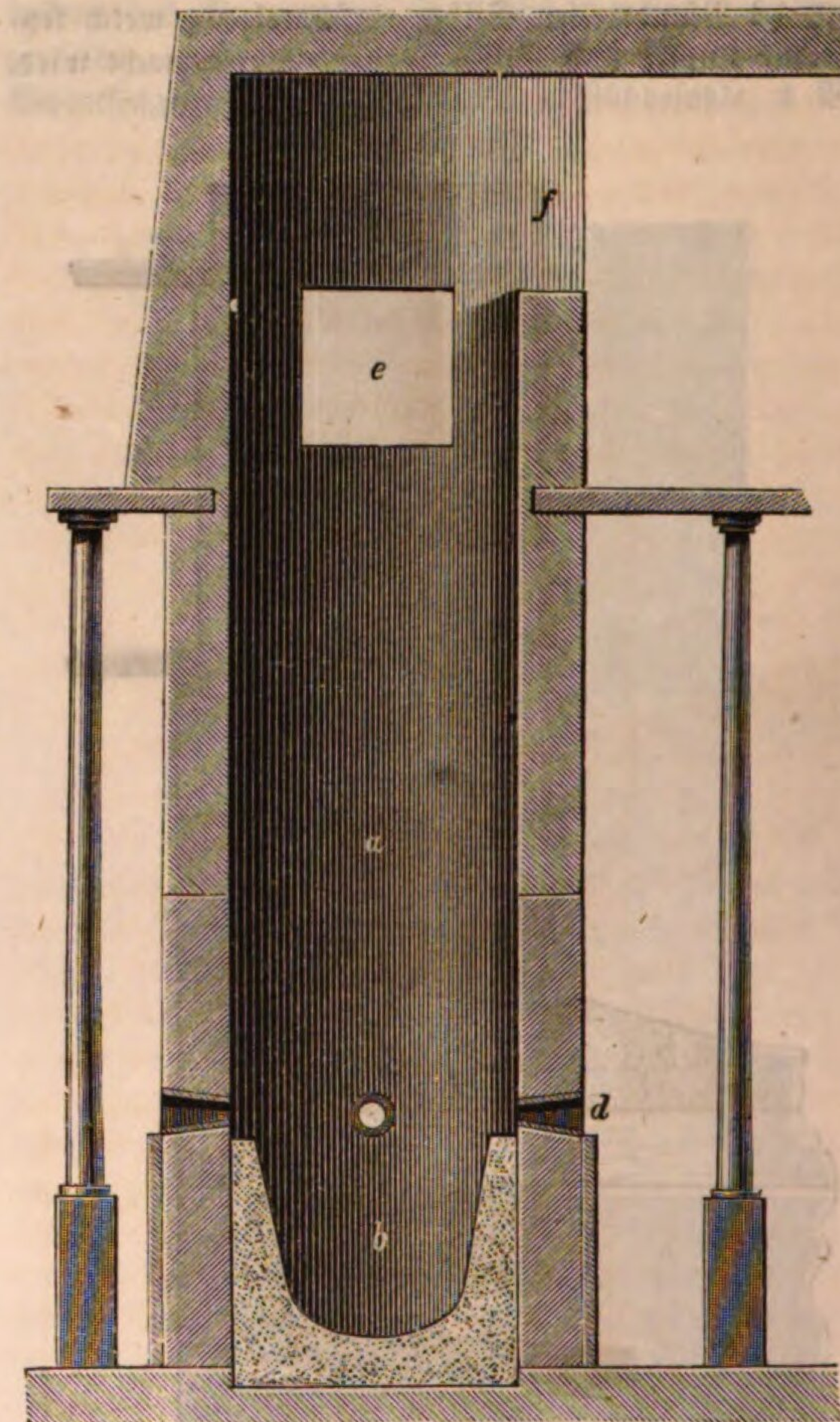
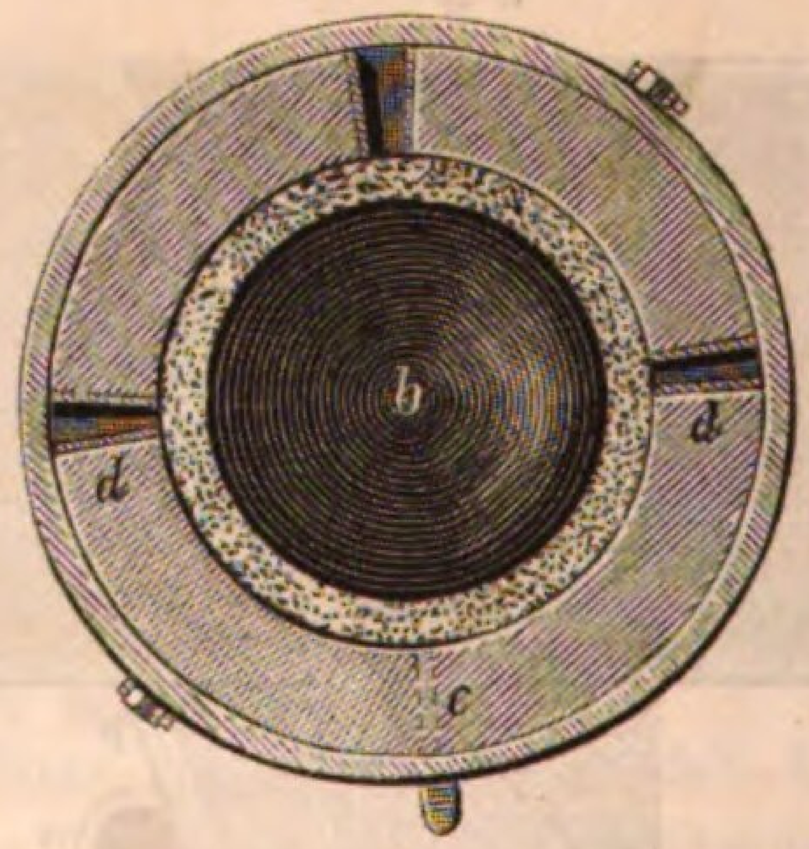


Fig. 235.

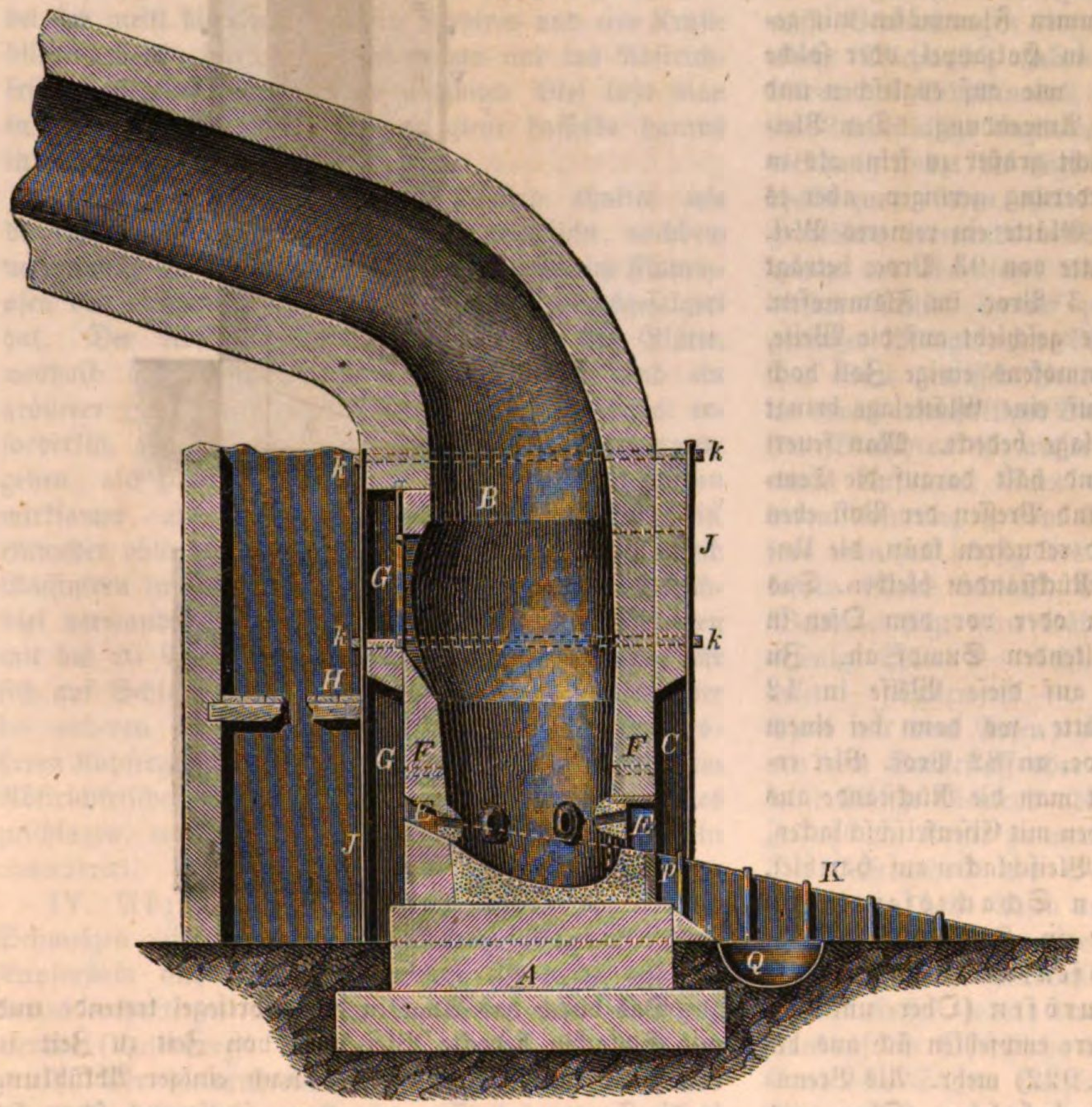


D. **Gewinnung von Blei aus oxydirten Bleierzen und Hüttenproducten.** Die hierher gehörigen Substanzen (Weißbleierz, Producte vom Abtreiben des Werkbleies, als Glätte, Abstrich, Abzug, Heerd, ferner Bleischlacken) bedürfen zur Abscheidung ihres Bleigehalts nur eines reducirenden Schmelzens im Heerd-, Schacht- oder Flammofen mit oder ohne Zuschläge von passenden Schlacken.

I. **Weißbleierz** wird, wenn es in untergeordneter Menge vorkommt, gemeinschaftlich mit Bleiglanz verschmolzen. Seltener wird dasselbe für sich zugutegemacht, wie in Stolberg, auf den altaischen Hütten u. a. Auf

den letzteren wird seine Verhüttung bedeutend erschwert durch einen großen Quarzgehalt, Armuth an Blei (6 bis 9 Pfd. Blei im Pud oder in 40 Pfd. Erz) und einen Gehalt an Malachit, Galmei, Zinkblende, Schwefelkies und Bleiglanz. Zur Verschlackung des Quarzes giebt man Zuschläge von geröstetem Roh- oder Bleistein, welcher reich an oxydirtem Eisen ist und auch deshalb auf eine Abscheidung des Bleioxyds aus der Schlacke wirkt. Um das Kupfer in einem Stein zu concentriren, schlägt man Schwerspath zu, der bei Mangel an Schwefelkies zur Schwefelung des Kupfers und zur Schlackenbildung dienen soll. Durch Kalkstein und Seesalz sucht

Fig. 236.



man die Schlackenbildung zu befördern. Eine beschickte Schicht besteht aus 160 Pud Bleierzen, 30 bis 40 Pud geröstetem Stein, 10 bis 15 Pud Schwerspath, 30 bis 50 Pud Seesalz und 25 bis 30 Pud Kalkstein. Man verschmilzt in 24 Stunden 80 bis 100 Pud Beschickung in Sumpföfen von 12 Fuß Höhe, $3^1/_2$ Fuß hinterer und 3 Fuß vorderer Weite und 4 Fuß Tiefe, wobei auf 100 Pud Erz 80 Körbe à 20 Pud Kohlen verbraucht werden. Das beim Schmelzen erfolgende Werkblei wird zu Entsilberungsarbeiten verwandt, der Bleistein mit den Bleierzen verschmolzen und die Schlacken entweder bei der Roharbeit zugeschlagen oder mit Kalkstein und armen schwerspäthigen Erzen auf Rohstein verschmolzen.

Im südlichen Spanien wird armes eisenschüssiges Weißbleierz, gemengt mit Bleiglanz, Bleivitriol, in niedrigen Schachtöfen, welche theils mit Gebläseluft, theils mit Zugluft gespeist werden, verschmolzen. Die Zugschachtöfen, sogenannte atmosphärische Oefen (Hornos de Gran Tyro, Pavos), haben die nachstehende Einrichtung (Fig. 236): *A* gemauerter Rost. *B* cylindrisches Mauerwerk. *C* 6 viereckige Pfeiler. *E* 6 Düsen. *F* Räumöffnungen zur Entfernung von Ansätzen. *G* Chargiröffnung. *H* Beschickungsboden. *J* eiserne Anker. *k* Verankerungsringe. *p* Eisenplatte zum Verschluß des Heerdes. *Q* Stechheerd. *K* Schlackentrifft. Höhe des Ofens vom tiefsten Punkte des Heerdes bis zur Sohle der Chargiröffnung 1,70 Meter, Höhe der letzteren über dem Formmittel 1,30 Meter. Weite in der Formgegend 1,20 Meter, am weitesten Theil an der Chargiröffnung 1,40 Meter. Reiche Erze werden am zweckmäßigsten, mit 7 bis 8 Proc. Holzkohlen oder Kohksklein oder auch mit 13 bis 14 Proc. magerer Stein- und Braunkohle, in Flammöfen bei möglichst niedriger Temperatur behandelt.

Bleivitriol kommt selten in so beträchtlicher Menge in der Natur vor, daß er Gegenstand hüttenmännischer Zugutemachung wäre. Dagegen wird zuweilen das künstliche schwefelsaure Bleioxyd, welches in Kattunfabriken bei Einwirkung von essigsaurem Bleioxyd auf schwefelsaure Thonerde erfolgt, auf metallisches Blei verarbeitet, indem man dasselbe entweder bei einem geeigneten Bleigewinnungsproceß, z. B. in Flammöfen, zusetzt, oder dasselbe in Flammöfen durch Erhitzen mit Kohle, Eisen und Kalk zerlegt.

II. Die Bleiglätte (S. 880), Bleioxyd mit geringen Mengen anderer Oxyde, wird durch ein reducirendes Schmelzen in Heerd-, Schacht- oder Flammöfen (Glättfrischen) je nach der Qualität und dem Preis des zu Gebote stehenden Brennmaterials auf Blei (Frischblei) verarbeitet, welches man zuweilen durch Pattinsoniren noch weiter entsilbert (S. 877) oder noch einer Reinigung (S. 883) unterwirft.

1) Das Glättfrischen in Heerdöfen (sibirische Methode) wird in der Weise ausgeführt, daß man die aus dem Treibofen abfließende Glätte noch flüssig in einen vor dem Glättloche erbauten und mit glühenden Kohlen gefüllten Heerdofen von etwa 16 Zoll Höhe und 12 Zoll Breite und Tiefe leitet, wo dann das reducirte Blei von der geneigten Sohle des Ofenschachtes durch ein Auge in der Vorwand ausfließt. Obgleich

dieses Verfahren sehr einfach ist und wenig Brennmaterial erfordert, so hat dasselbe doch keine allgemeine Anwendung gefunden, weil beim Mitausfließen von Werkblei aus der Glättgasse leicht silberreiches Frischblei entsteht, der Arbeiter durch die aus dem Heerdofen aufsteigenden Bleidämpfe verhindert ist, die Vorgänge im Treibofen genau wahrzunehmen, und die Arbeiten auf dem Treibheerd und in der Glättgasse in größerer Entfernung ausgeführt werden müssen.

Auch sind zum Glättfrischen schottische Heerde (S. 912) in Anwendung, welche 89 Proc. Blei aus der Glätte liefern.

2) Das Glättfrischen in Flammöfen findet gewöhnlich da Statt, wo man auch die Erze im Flammofen verschmilzt, und zwar kommen Flammöfen mit geneigtem Heerde (S. 904), wie in Holzappel, oder solche mit einem Sumpfe (S. 907), wie auf englischen und französischen Hüttenwerken, in Anwendung. Der Bleiverlust pflegt in Flammöfen nicht größer zu sein, als in Schachtöfen, dagegen die Förderung geringer, aber es erfolgt in ersteren aus unreiner Glätte ein reineres Blei. Bei einem Bleigehalt der Glätte von 93 Proc. beträgt der Bleiverlust zuweilen über 3 Proc. im Flammofen.

Die Reduction der Glätte geschieht auf die Weise, daß man den Heerd des Flammofens einige Zoll hoch mit Holzkohlen bedeckt, darauf eine Glättelage bringt und dieselbe mit einer Kohlenlage bedeckt. Man feuert 1 bis 2 Stunden vorsichtig und hält darauf die Temperatur unter Durcharbeiten und Pressen der Post eben so hoch, daß sich das Bleioxyd reduciren kann, die Unreinigkeiten aber meist in den Rückständen bleiben. Das reducirte Blei sammelt sich in oder vor dem Ofen in einem glühende Kohlen enthaltenden Sumpf an. Zu Holzappel verarbeitet man auf diese Weise in 12 Stunden 30 bis 40 Ctnr. Glätte, wo dann bei einem Bleiverlust von 8 bis 10 Proc. an 82 Proc. Blei erfolgen. Alle 12 Stunden zieht man die Rückstände aus dem Ofen und verschmilzt dieselben mit Eisenfrischschlacken, Heerd aus dem Flammofen und Bleischlacken auf Hartblei.

3) Das Glättfrischen in Schachtöfen ist am üblichsten, und zwar weniger in Hohöfen, als in Halbhohöfen und Krummöfen, welche als Sumpföfen (Freiberg) oder als Spuröfen (Ober- und Unterharz) zugemacht sind. Letztere empfehlen sich aus bereits angeführten Gründen (S. 922) mehr. Als Brennmaterial wendet man meist Holzkohlen (Ober- und Unterharz), seltener Steinkohlen (Tarnowitz) und Kohks (Freiberg) an und giebt beim Frischen geringe Zuschläge von Schlacken zum Schutz des Gemäuers und des reducirten Bleies, sowie auch wohl bei kupferiger Glätte einen geringen Zuschlag von Schwefelkies zur Abscheidung des Kupfers in einen Stein (S. 884).

Auf den Oberharzer Hütten verschmilzt man in einem Spurofen mit verdecktem Auge (Fig. 237 u. 238) bei dunkler Gicht und 6 bis 8 Zoll langer Nase Glätte mit bis 90 Pfd. Blei und $^1/_{16}$ bis $^1/_8$ Loth Silber im Centner. Der Ofen ist von der Gestübbesohle bis zur Form 2 Fuß 9 Zoll, von da bis zur Gicht 3 Fuß 6 Zoll hoch, 2 Fuß 6 Zoll tief und 1 Fuß 6 Zoll weit. *a* Fundament. *b* Sohlstein. *c* Kernschacht. *d* Brandmauer. *e* zu erneuernde Vorwand. *f* feste Vorwand, über ersterer. *g* Rauchmantel, hinter welchem der Rauch in die Esse zieht. *h* Vorheerd. *i* Gestübbe. *k* Heerdtiegel. *l* Heerd. *m* Brust, mit groben Kohlen verschließbar. *n* Formgewölbe. *o* Stechheerd. *p* Frischbleiformen. *q* Tritt vor dem Vorheerd. *r* Ofenschacht. *s* Flügel. *t* Esse. *u* Rauhgemäuer. *v* Verankerung.

Fig. 237.

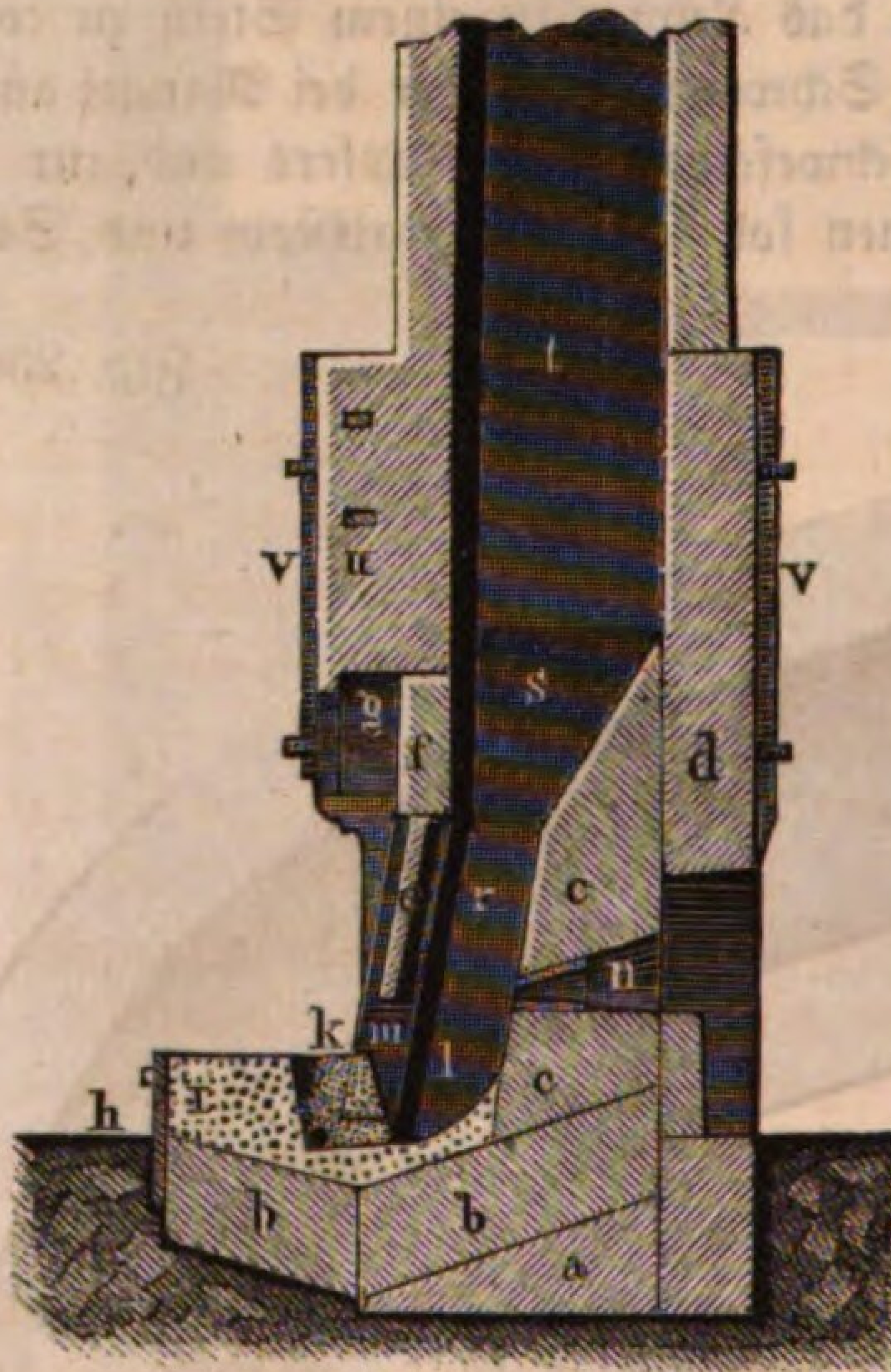
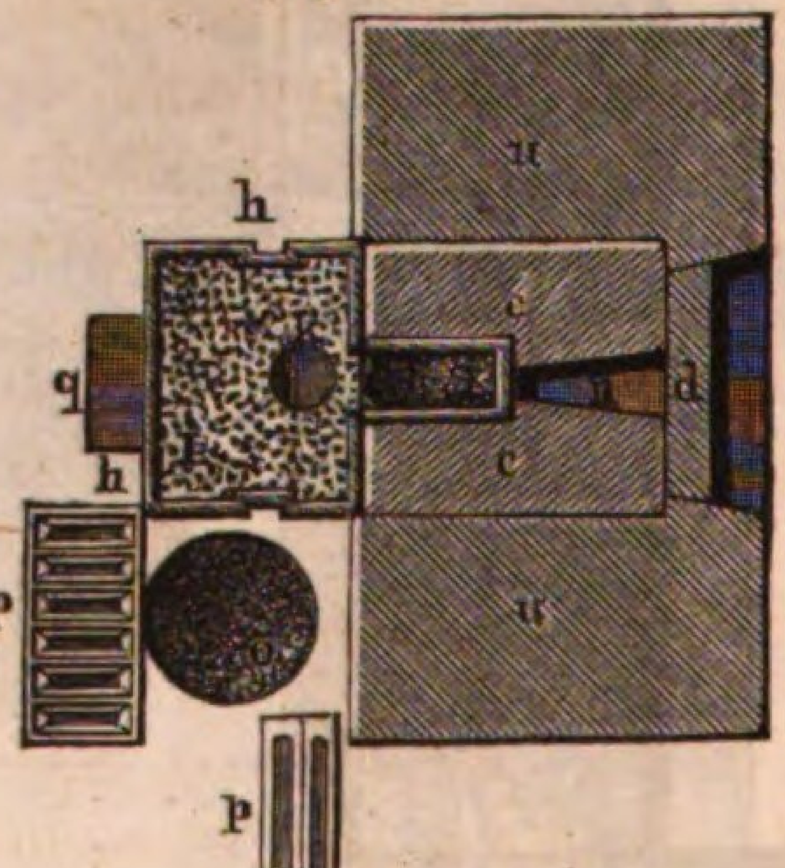


Fig. 238.



Das durch das Auge in den Vortiegel tretende und mit Schlacken bedeckte Blei wird von Zeit zu Zeit in den Stechheerd abgelassen und nach einiger Abkühlung in die Formen gegossen, wo man, sowie auch schon im Stechheerd, die auf der Oberfläche sich bildende, Unreinigkeiten enthaltende Haut (Bleidreck) zu verschiedenen Malen abzieht. Von 100 Ctnr. Glätte erfolgen mit 11 Ctnr. Kohlen 88 Ctnr. Frischblei, 12 Ctnr. Frischschlacken und 2,4 Proc. Bleidreck. Der Bleiverlust beträgt 1 bis $1^1/_2$ Proc. Das Frischblei ist Handelswaare. Die Frischschlacken mit 8 bis 10 Proc. Blei werden bei den Bleiarbeiten zugeschlagen und der Bleidreck mit bis 80 Proc. Blei auf Saigerstücke verschmolzen, welche nach dem Saigern Krätzblei geben.

Neuerdings ist auf Clausthaler Hütte der Glättfrischofen statt als Spurofen als Sumpfofen (Fig. 212 bis 214) zugestellt, wodurch die Arbeit des Zumachens vereinfacht wird, ohne daß das Bleiausbringen darunter leidet.

In Freiberg wird die Bleiglätte in 8 Fuß hohen Doppelöfen (Fig. 229 bis 231) verschmolzen, und zwar setzt man in 24 Stunden an 900 Ctnr. durch. Bei einem Bleiausbringen von 90 Proc. gehen auf 100 Ctnr. Glätte 10 Scheffel Kohks. Die Glättfrischschlacken mit 25 bis 30 Proc. Blei werden am Ende der Campagne mit etwa 3 Proc. Schwefelkies auf Schlackenblei und Stein durchgesetzt; die dabei fallende Schlacke mit etwa 5 Proc. Blei geht in die Bleiarbeit.

Das Frischblei wird je nach seinem Silbergehalt pattinsonirt oder raffinirt. Beim Raffiniren schmilzt man 130 Ctnr. Blei auf dem Heerd eines Flammofens ein und leitet während etwa 3 Stunden von zwei Seiten einen schwachen Gebläseluftstrom auf die Oberfläche, wobei sich meist die Unreinigkeiten oxydiren und eine Kruste bilden, welche fortwährend abgezogen und ins Abstrichfrischen gegeben wird. Das gereinigte Blei läßt man in einen eisernen Kessel ab und gießt dasselbe daraus in Formen.

III. Der Abstrich (S. 884) wird ähnlich wie die Glätte auf Hartblei (S. 883) verfrischt, nachdem man zuvor wohl noch durch ein Umschmelzen im Flammofen das mechanisch eingeschlossene Werkblei ausgesaigert hat. Der Abstrich ist strengflüssiger als die Glätte, weshalb das Abstrichfrischen langsamer geht und ein größerer Zusatz von leichtflüssigen Schlacken dabei erforderlich ist. Weil Kohks eine höhere Temperatur geben, als Holzkohlen, so sind sie beim Abstrichfrischen wirksamer, als beim Glättfrischen. Das Hartblei ist entweder ohne Weiteres Handelswaare (Harz) oder durch Raffiniren in einem Flammofen wird dasselbe in Weichblei verwandelt (Freiberg). Die Abstrichfrischschlacken mit bis 20 Proc. und mehr Blei werden entweder für sich auf Schlackenhartblei (S. 883) umgeschmolzen oder bei anderen Bleiarbeiten zugeschlagen. Bei einem größeren Kupfergehalt des Abstrichs kann man sowohl beim Abstrichfrischen als beim Schlackenschmelzen Schwefelkies zuschlagen, wo sich dann das Kupfer in einem Stein concentrirt.

IV. Abzug (S. 885) liefert beim reducirenden Schmelzen mit passendem Schlackenzuschlag Werkblei, Kupferstein und Schlacken, welche Producte auf die darin enthaltenen nutzbaren Metalle weiter behandelt werden (Unterharz).

V. Der bleioxydreiche Heerd aus dem Treibofen (S. 885) wird seltener für sich, als bei anderen Bleiarbeiten mit verschmolzen.

VI. Die Bleischlacken (S. 890) werden gewöhnlich bei anderen Bleiarbeiten zugeschlagen oder abgesetzt; für sich verschmolzen, lohnt das ausgebrachte Metall selten die Kosten der Arbeit. Neuerdings verschmilzt man zu Freiberg die Bleischlacken (S. 961) mit 2 bis 3 Pfd. Blei, 1 bis 1,5 Pfundtheil Silber und 0,3 bis 0,5 Pfd. Kupfer im Centner mit silberarmen kiesigen Erzen mit 3 Pfundtheilen Silber im Centner auf einen Rohstein, concentrirt in demselben aus beiden Substanzen den Metallgehalt und verwendet den Rohstein in geröstetem Zustande bei der Bleiarbeit (S. 958). Die Beschickung für eine Charge besteht aus 20 Ctnr. Bleischlacken, 5 Ctnr. geröstetem und 5 Ctnr. ungeröstetem Zuschlagserz. Man macht in 24 Stunden 7 bis 8 Chargen bei einem Verbrauch von 96 Ctnr. Steinkohlen und 2 Ctnr. Schieferkohlen. Durch den Zuschlag des gerösteten Erzes wird ein zu strenger Schmelzgang vermieden. Auf 100 Ctnr. Schlacken und Erz bringt man etwa 18 bis 20 Proc. Rohstein mit 15 bis 20 Pfundtheilen Silber, 8 bis 10 Pfd. Blei und 4 bis 5 Pfd. Kupfer im Centner aus.

Der ovale Heerd des Flammofens ist 12 Fuß lang und 8 Fuß breit. *B. Kerl.*

Legirungen des Bleies. — Das Blei schmilzt mit einigen Metallen zusammen und scheint damit gewisse Verbindungen einzugehen, von denen manche technische Wichtigkeit haben. Blei, Zink und Antimon bilden das Schriftmetall (S. 605), Blei und Wismuth eine leichtflüssige Legirung. Eine noch allgemeinere Anwendung findet die Legirung von Blei und Zinn, welche theils zum Löthen, theils zur Anfertigung vielfacher Gegenstände verwandt wird. Da das Zinn die Hauptmenge des Gemisches ausmacht, so werden wir unter diesem Artikel darauf zurückkommen. Arsen wird in geringer Menge vom Blei aufgenommen und ertheilt ihm einen gewissen Grad von Härte. Man verwendet ein etwas arsenhaltiges Blei zur Anfertigung des Schrots. Im Bleischrot ist außer dem Arsen gewöhnlich noch etwas Antimon, Eisen und andere Metalle enthalten, deren Ursprung in dem Rohmaterial zu suchen ist, insofern man sich häufig des Hartbleies (S. 883) statt des reinen Bleies bedient, da dieses wohlfeiler ist. Zum Weichblei fügt man während des Schmelzens entweder arsenige Säure — weißen Arsenik — oder Schwefelarsen — Operment —. Das Blei verbindet sich zum Theil mit dem Arsen, ein anderer Theil vereinigt sich mit dem Sauerstoff oder Schwefel und bildet eine gewisse Menge Bleioxyd oder Schwefelblei, die durch einen Zusatz von Kohle zu metallischem Blei reducirt werden. Der Arsengehalt des Schrots beträgt selten mehr als 3 bis 10 Theile Arsen auf 1000 Theile Blei.

Zur Fabrikation des Schrots schmilzt man eine Quantität Blei, gewöhnlich 40 bis 60 Ctnr., in einem eisernen Kessel; sobald das Blei eingeschmolzen ist, streut man auf die Oberfläche des Metallbades rings um den Rand eine Schicht Holzkohlenpulver oder Asche, in die Mitte wirft man dann den Arsenik, rührt das Ganze kräftig mit einem eisernen Spatel um, bedeckt den Kessel und erhält das Metallbad ungefähr 3 Stunden lang auf derselben Temperatur. Während dieser Zeit tritt die Reduction des Arsens ein und es bildet sich eine Legirung von Arsen und Blei. Auf 20 Ctnr. Weichblei pflegt man 20 bis 28 Pfd. arsenige Säure anzuwenden. Diese Quantität verbindet sich aber bei Weitem nicht mit dem Blei, ein großer Theil derselben findet sich mit Bleioxyd verbunden auf dem Metall schwimmend. Man überzeugt sich von der richtigen Beschaffenheit der Mischung, indem man eine geringe Menge davon durch ein Metallsieb in Wasser gießt. Fallen die Körner dabei rund aus, so ist die richtige Menge des Zusatzes getroffen, bei zu viel Arsen werden sie linsenförmig abgeplattet, bei zu wenig werden sie länglich-

rund, an den Seiten abgeplattet, oder auch hohl. Hat man die richtige Composition erreicht, so wird das geschmolzene Metall in Formen gegossen und die erstarrten Blöcke in den oberen Theil eines hohen Thurmes geschafft. Dort befindet sich ein kleinerer Kessel, in welchem die zu einem Guß erforderliche Menge Metall eingeschmolzen wird. Der Thurm ist gewöhnlich 120 bis 150 Fuß hoch, ganz oben sind viereckige oder runde Siebe angebracht, deren Weite dem Kaliber des darzustellenden Schrots entspricht. Unten am Boden des Thurms ist ein 6 Fuß tiefer mit Wasser gefüllter Behälter befindlich, in welchen die Kügelchen fallen und worin sie erkalten. Die Temperatur des Metallbades erfordert große Aufmerksamkeit, bei der Darstellung von feinem Schrot muß die Wärme höher sein, wie für gröbere Sorten, weil letztere weniger rasch erstarren; für diese erwärmt man das Blei so weit, daß ein Strohhalm beim raschen Eintauchen nicht verkohlt, sondern nur eine deutlich braune Farbe annimmt. Die Oberfläche des Metalls wird dann gründlich gereinigt und die Bleiasche auf das Metallsieb geworfen, damit sie ein allzu rasches Durchfließen des geschmolzenen Bleies verhindere. Das Metall wird löffelweis in das Sieb geschöpft, anfangs läuft es in einem dünnen Strahl durch die Oeffnungen, in geringer Entfernung zerreißt der Strahl aber und löst sich zu Tropfen auf, die durch die Berührung mit der Luft auf ihrem Wege von der Spitze bis zum Boden des Thurmes so weit abgekühlt werden, daß sie erstarren. Im Wasser erkalten sie gänzlich; um dieses zu befördern, hat man für häufigen Wechsel des Wassers zu sorgen.

Die Schrotkörner werden auf einem Ofen aus eisernen Platten so lange hin und her bewegt, bis sie vollkommen trocken geworden sind. Sie haben dann eine matt blaugraue Farbe. Um die Körner zu sortiren, bringt man sie in einen um seine Achse drehbaren kupfernen Cylinder, der von einem Ende bis zum anderen so durchlöchert ist, daß an einem Ende ganz kleine Löcher sind, deren Durchmesser aber gleichmäßig zunimmt, je mehr sie sich dem anderen Ende nähern. Unterhalb des Cylinders befindet sich ein Kasten mit Abtheilungen, die den verschiedenen Weiten der Löcher entsprechen. Indem man nun den Hagel an einem Ende in den Cylinder füllt, werden die feinsten Körner gleich durch die Sieböffnungen fallen, die gröberen werden durch die rotirende Bewegung weiter getrieben, bis sie Löcher von der ihnen entsprechenden Weite finden oder am anderen Ende entleert werden. Nach jeder Umdrehung des Cylinders fällt ein hölzerner Schlägel gegen die äußere Wand, um durch die dadurch bewirkte Erschütterung alle Bleikügelchen, welche sich etwa in den Löchern eingeklemmt haben, fortzuschaffen.

Die verschiedenen Größen des Hagels bezeichnet man in Deutschland allgemein mit Nummern, von denen Nr. 0 die gröbste, Nr. 9 die feinste ist. In England fabricirt man zwölf verschiedene Größen und nennt diese A, AA, AAA; B, BB, u. s. w.

Nach dem Sortiren ertheilt man den Körnern die schwarze Farbe und Glanz. Dies geschieht, indem man sie in ein um seine Achse rotirendes Faß bringt und sie darin, mit etwas Graphit vermischt, so lange umgehen läßt, bis sie das gewünschte Aussehen erlangt haben.

Endlich hat noch die wichtigste Sortirung zu erfolgen. Bei Weitem nicht alle Körner fallen vollkommen rund aus, viele sind mehr oder weniger elliptisch und diese würden, wenn sie durch die Explosion des Pulvers aus der Flinte getrieben werden, eine krumme Linie durchlaufen. Um diese fortzuschaffen, hat man eine ebenso einfache wie sinnreiche Einrichtung. Ein Schrotbehälter mit einer kleinen Oeffnung am Boden befindet sich am oberen Ende eines breiten schwach gegen den Horizont geneigten Brettes. Läßt man nun den Schrot langsam ausfließen, so werden alle Körner, die vollkommen rund sind, geradeaus laufen, während alle die, deren Schwerpunkt nicht genau in ihre Mitte fällt, die also mehr oder weniger elliptisch sind, eine krumme Linie beschreiben und seitwärts von dem Brett abrollen werden. Am unteren Ende wird daher das gute verkäufliche Product gesammelt, während alles Uebrige wieder eingeschmolzen wird.

Verbindungen des Bleies. — Das Blei geht mit allen nicht metallischen Körpern Verbindungen ein, von denen viele fertig gebildet in der Natur vorkommen, während andere künstlich dargestellte wichtige Anwendung in der Technik finden. Das Blei bildet aber nicht, wie z. B. das Eisen, zwei verschiedene Reihen von Verbindungen, die einem Oxydul und einem Oxyd entsprechen, sondern es ist mit Sicherheit nur eine Classe von Salzen bekannt, die auf 1 Aeq. Metall 1 Aeq. Metalloid enthalten. Die neutralen Bleisalze zeichnen sich aber dadurch aus, daß sie große Neigung haben, sich mit mehreren Aequivalenten Bleioxyd zu verbinden und basische Salze zu bilden, in denen sich dann das Bleioxyd ähnlich verhält, wie in anderen Salzen das Krystallwasser.

Bleioxyde. Wir kennen vier Oxydationsstufen des Bleies, sie sind

Bleisuboxyd Pb_2O,
Bleioxyd PbO,
Bleisesquioxyd Pb_2O_3,
Bleisuperoxyd PbO_2.

Bleisuboxyd entsteht, wenn man Blei an der Luft schmilzt; es bildet sich dabei auf dem Blei schwimmend eine graue Haut, die unter dem Namen Bleiasche bekannt ist. Sie ist ein Gemenge von Bleisuboxyd, Bleioxyd und metallischem Blei. Rein erhält man es, wenn man oxalsaures Bleioxyd in einer am hinteren Ende geschlossenen Glasröhre, die nach dem Einbringen des Bleisalzes auch vorn zu einer feinen Spitze ausgezogen wird, gelinde glüht. Dieses Ende schneidet man so weit ab, daß nur eine kleine Oeffnung bleibt, durch welche die sich bildenden Gase entweichen können. Erhitzt man nun gelinde, von hinten anfangend und nach vorn vorschreitend, so verwandelt sich das oxalsaure Bleioxyd in Suboxyd, Kohlensäure und Kohlenoxydgas:

$$\underbrace{(2\,PbO\,.\,C_2O_3)}_{\text{Oxalsaures Bleioxyd.}} = \underbrace{Pb_2O}_{\text{Bleisuboxyd.}} + \underbrace{3\,CO_2}_{\text{Kohlensäure.}} + \underbrace{CO}_{\text{Kohlenoxyd.}}$$

Es bildet ein sammetschwarzes Pulver, welches beim gelindesten Erwärmen an der Luft zu Bleioxyd verbrennt; um dieses zu verhüten, muß man die feine Spitze der Röhre noch vor dem Erkalten mittelst eines Löthrohres zuschmelzen.

Bleioxyd erhält man in reinem Zustande, wenn man salpetersaures Bleioxyd im Platintiegel schmilzt und dabei so lange erhitzt, als es noch rothe Dämpfe von salpetriger Säure abgiebt. Oder indem man kohlensaures Bleioxyd — Bleiweiß — gelinde glüht. Es bildet dann nach dem Erkalten eine gelblichrothe Masse oder ein Pulver von derselben Farbe. Im Großen stellt man es dar, indem man Blei vor dem Gebläse schmilzt, es bildet dann die *Bleiglätte*, *Gold-* oder *Silberglätte*, deren Darstellung oben beschrieben ist. Erhitzt man nur so stark, daß das Blei zu Oxyd verbrennt, daß dieses aber nicht schmilzt, so bildet sich ein gelbes Pulver, welches namentlich früher viel als Malerfarbe benutzt und unter dem Namen *Massicot* in den Handel gebracht wurde. Zur Bereitung des Massicots schmilzt man Blei auf der etwas vertieften Sohle eines Flammofens bei mäßiger Hitze ein, entfernt den Abstrich und regulirt dann die Temperatur so, daß ein stetes aber langsames Verbrennen des Bleies eintritt. Sobald die Oberfläche des Metallbades sich mit einer Schicht des Pulvers bedeckt, zieht man dieses mit einer eisernen Krücke an den kälteren Theil des Ofens, bewegt es dort eine Zeit lang an der Luft, um kleine Mengen metallischen Bleies, die es noch eingeschlossen enthält, auszusaigern oder zu verbrennen, nimmt es dann aus dem Ofen und wirft es in kaltes Wasser. Es braucht nur noch geschlämmt zu werden, um ein höchst zartes Pulver von gelber Farbe darzustellen. Das Massicot unterscheidet sich von der Glätte nur durch seinen Aggregatzustand, indem ersteres völlig amorph, jene aber krystallinisch ist.

Auf nassem Wege stellt man das Bleioxyd dar, indem man eine wäßrige Lösung von essigsaurem oder salpetersaurem Bleioxyd mit so viel Kali oder Natron versetzt, bis die Flüssigkeit schwach alkalische Reaction zeigt. Es bildet sich zuerst ein basisches Salz, bei einem Ueberschuß an Alkali wird diesem der Rest der Säure entzogen und es entsteht weißes pulverförmiges *Bleioxydhydrat*. Fügt man zu diesem mehr Alkali und erwärmt, so wird es gelöst und aus einer concentrirten Lösung scheidet sich beim Erkalten krystallisirtes wasserfreies Oxyd aus. Je nach der Concentration der Lösung nimmt das Bleioxyd eine verschiedene Farbe an; nach *Mitscherlich* sind die Krystalle farblos, wenn die Lösung verdünnt war; aus einer concentrirteren Lösung erhält man nach *Calvert* rosenrothe Krystalle; kocht man endlich Bleioxydhydrat mit so viel starker Aetzlauge, daß nicht alles Hydrat gelöst wird, so verwandelt sich der Rückstand in wasserfreies gelbes krystallinisches Oxyd.

Das Bleioxyd ist eine starke Base. Es vereinigt sich mit allen Säuren und bildet damit farblose Salze, wenn die Säure ungefärbt war, dagegen farbige Salze, sobald es sich mit einer gefärbten Säure verbindet. Viele der letzteren gehören zu den schönsten Pigmenten, welche wir besitzen. Mit Kieselsäure und Borsäure schmilzt das Bleioxyd leicht zusammen und bildet damit eine farblose Masse, welche sich mit kieselsauren Alkalien und Erden zu farblosem Glase verbindet (Krystallglas, Flintglas). Wegen dieser großen Affinität zur Kieselsäure darf man Bleioxyd nie in thönernen oder Porzellantiegeln schmelzen, es durchlöchert dieselben in wenig Minuten und fließt aus.

Verhalten des Bleioxyds und der Bleisalze zu Reagentien.

Schwefelwasserstoff.	Schwarzer Niederschlag von Schwefelblei, der weder in Schwefelammonium, noch in verdünnten Säuren löslich ist. Bei Gegenwart von viel Salzsäure entsteht ein rother Niederschlag, der bei längerer Behandlung mit Schwefelwasserstoff schwarz wird.
Schwefelammonium	Wie Schwefelwasserstoff.
Kali und Natron....	Weißes Oxyd, löst sich im Ueberschuß des Fällungsmittels.
Kohlens. Natron ...	Weißes kohlensaures Bleioxyd, in Essigsäure und Salpetersäure, auch in Kali löslich.
Phosphors. Natron.	Weißes phosphorsaures Bleioxyd, in Essigsäure unlöslich, in Salpetersäure leicht löslich.
Schwefelsäure und schwefels. Salze ...	Weißes, in Wasser und Säuren unlösliches schwefelsaures Bleioxyd.
Chlorwasserstoffsäure und Chloride.	In nicht zu verdünnten Lösungen entsteht ein weißer krystallinischer Niederschlag von Chlorblei, in vielem Wasser löslich.
Ferrocyankalium...	Weißes Ferrocyanblei.
Cyankalium........	Weißes Cyanblei, in Säuren leicht löslich.
Jodkalium..........	Gelbes Jodblei, in kochendem Wasser etwas löslich, scheidet sich beim Erkalten der wasserhellen Flüssigkeit in goldgelben Krystallen ab. Wird von Säuren zersetzt.
Chromsaures Kali..	Gelber Niederschlag von chromsaurem Bleioxyd (Chromgelb). Beim Erwärmen mit wenig Alkali verwandelt sich seine Farbe in *Roth*; von mehr Alkali, wie von Säuren wird es gelöst.
Zink................	Scheidet aus Bleilösungen das Blei in metallischer Form aus (Bleibaum, Arbor Dianae).

Vor dem Löthrohr auf Kohle geben die Bleiverbindungen metallisches Blei in kleinen Körnern nebst einem Beschlag von gelbem Bleioxyd, welcher sich durch das Verdampfen eines Theils des Bleies und Verbrennen desselben bildet.

Bleisesquioxyd. Löst man Bleioxydhydrat in siedendem Kali und fügt unterchlorigsaures Natron hinzu, welches man erhält, wenn man Chlorgas so lange in eine Lösung von kohlensaurem Natron leitet, bis diese eine Lösung von schwefelsaurer Magnesia nicht mehr fällt, so trübt sich nach kurzer Zeit die Flüssigkeit

und scheidet ein gelbrothes Pulver aus, welches das Sesquioxyd — $Pb_2 O_3$ — ist. Dies Oxyd hat keine basischen Eigenschaften, es zerfällt bei der Behandlung mit Säuren in Oxyd, welches sich auflöst, und sich abscheidendes Superoxyd. Erwärmt man mit verdünnter Salzsäure, so wird das Superoxyd unter Chlorentwicklung zersetzt und löst sich ebenfalls.

Bleisuperoxyd. Man erhält es entweder durch Behandlung von Bleisesquioxyd oder von Mennige mit verdünnter Salpetersäure, Bleioxyd löst sich dabei auf, Bleisuperoxyd scheidet sich als braunes Pulver ab. Zweckmäßiger verfährt man nach Wöhler folgendermaßen: Man fällt eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd mit kohlensaurem Natron und leitet in die dünne breiförmige Masse so lange Chlorgas, bis alles kohlensaure Bleioxyd in dunkelbraunes Superoxyd verwandelt ist, welches dann abfiltrirt und ausgewaschen wird. Auf diese Weise wird alles Bleioxyd in Superoxyd verwandelt und es entsteht kein Chlorblei, sondern Chlornatrium; Essigsäure und Kohlensäure werden frei. Man wägt die Salze im Verhältnisse ihrer Aequivalente ab, nämlich auf 4 Th. krystallisirtes essigsaures Blei 3 Th. krystallisirtes kohlensaures Natron; doch thut man gut, von letzterem etwas mehr zu nehmen, um sicher die Bildung von Chlorblei zu verhüten. Von 4 Theilen Bleizucker bekommt man $2\frac{1}{2}$ Theile Superoxyd, während man aus 4 Theilen Mennige nicht ganz $1\frac{1}{2}$ Theile erhält (Ann. Chem. und Pharm. 90, 383).

Nach Böttger stellt man das Bleisuperoxyd am einfachsten auf folgende Weise dar: Man überschütte sehr fein gepulverten Bleizucker in einer geräumigen Porzellanschale mit einem Ueberschuß von filtrirter, völlig wasserklarer Chlorkalklösung, erhitze das Gemisch unter Umrühren bis zum heftigsten Sieden und fahre mit der Erhitzung so lange fort, bis die aufsteigenden Dämpfe nicht mehr nach Chlor, sondern nach freier Essigsäure riechen. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so pflegt das essigsaure Bleioxyd schon vollständig in Superoxyd übergegangen zu sein. Man überzeugt sich hiervon sehr leicht, indem man zu einer kleinen abfiltrirten Probe der Flüssigkeit (die bei vollständig erfolgter Zersetzung lediglich aus essigsaurem Kalk und Chlorcalcium besteht) einige Tropfen Schwefelwasserstoffwasser setzt; tritt dabei eine Bräunung oder gar eine Fällung von schwarzem Schwefelblei ein, so wäre dies ein Zeichen, daß man zu dem Inhalte der Schale noch Chlorkalklösung hinzuzufügen und mit dem Erhitzen des Ganzen noch einige Zeit lang fortzufahren haben würde. Ist dann der Zeitpunkt eingetreten, bei welchem eine abfiltrirte Probe der Flüssigkeit nicht mehr von Schwefelwasserstoff getrübt wird, so überläßt man die Schale eine kurze Zeit der Ruhe, schüttet die über dem schön braun gefärbten Niederschlag stehende Flüssigkeit vorsichtig ab, filtrirt und wäscht sie mit heißem Wasser anhaltend aus (Polyt. Journ. 148, 369; 151, 428).

Nach Puscher erhält man Bleisuperoxyd durch Behandeln von kohlensaurem Bleioxyd (Bleiweiß), Glätte oder Mennige mit kochender Chlorkalklösung (Polyt. Journ. 140, 54).

Das Superoxyd enthält seinen Sauerstoff nur sehr lose gebunden, an alle leicht oxydirbaren Körper giebt es ihn mit Leichtigkeit ab. Diese Eigenschaft hat man in neuerer Zeit benutzt und das Superoxyd zur Anfertigung der Zündmasse der Streichhölzer verwandt. Zucker und Weinsäure mit diesem Oxyd zusammengerieben, werden nach Böttger unter Feuererscheinung zersetzt. Ebenso wird schweflige Säure augenblicklich oxydirt, es bildet sich unter Erglühen der ganzen Masse schwefelsaures Bleioxyd:

$$\underbrace{PbO_2}_{\text{Blei-superoxyd.}} + \underbrace{SO_2}_{\text{Schweflige Säure.}} = \underbrace{PbO.SO_3}_{\text{Schwefels. Bleioxyd.}}$$

Das Bleisuperoxyd verhält sich wie eine schwache Säure, indem es sich mit Kali, Natron u. s. w. zu krystallisirenden Verbindungen vereinigt, die Fremy, der sich namentlich mit ihrer Untersuchung beschäftigte, bleisaure Salze nennt.

Mennige, rothes Bleioxyd. Außer den vier beschriebenen giebt es noch eine Verbindung des Bleies mit Sauerstoff, die zwischen den übrigen steht; erhitzt man das gelbe pulverförmige Bleioxyd längere Zeit an der Luft, so absorbirt es Sauerstoff und verwandelt sich in ein schön roth gefärbtes Pulver, welches unter dem Namen Mennige bekannt ist. Je nach der Dauer der Einwirkung nimmt das Bleioxyd dabei mehr oder weniger Sauerstoff auf, dessen Menge zwischen 1,5 und 2,5 Proc. schwankt. Danach berechnet sich die empirische Formel Pb_3O_4 oder Pb_4O_5. Diese Verbindung läßt sich auf verschiedene Weise betrachten. Pb_3O_4 kann sein $PbO.Pb_2O_3$, also eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleisesquioxyd, oder $2\,PbO.PbO_2$, also eine Verbindung von 2 Aeq. Bleioxyd mit 1 Aeq. Superoxyd, oder ein basisch bleisaures Bleioxyd. Ebenso kann das Oxyd Pb_4O_5 sein $2\,PbO.Pb_2O_3$, oder $3\,PbO.PbO_2$. Es lassen sich manche Gründe für die eine oder die andere Constitution anführen, es scheint uns aber am richtigsten, sie für eine Verbindung von Bleioxyd mit Superoxyd zu halten.

Die Darstellung der Mennige geschieht vorzugsweise in England, sie bildet dort einen eignen Industriezweig. Bei der Fabrikation ist, wenn man ein gutes Product erlangen will, nicht allein die größte Aufmerksamkeit, sondern auch die sorgfältigste Auswahl des reinsten Materials erforderlich. Man kann dazu nur das reinste Blei verwenden; wenn dieses Antimon, Eisen, Silber oder andere von den gewöhnlich im Blei vorkommenden Verunreinigungen enthält, so wird nicht allein die Farbe der Mennige matt werden, sondern Krystall- und Flintglasfabrikanten werden sich derselben nicht bedienen können, da sich kein fehlerfreies Glas damit darstellen läßt. Das Blei wird in einem geräumigen Flammofen eingeschmolzen, dessen Heerd 10 Fuß lang und 7 Fuß breit ist, die Brücke und das Gewölbe sind ziemlich hoch, so daß die heiße Luft sich möglichst über die ganze Fläche des geschmolzenen Metalls vertheilt. Die Temperatur des Ofens wird nie höher als zu einer kaum sichtbaren Rothgluth gesteigert. Das Metall bedeckt sich dabei rasch mit einer Oxydschicht und verwandelt sich nach und nach gänzlich in Massicot, wozu gewöhnlich ungefähr 22 Stunden erforderlich sind. Durch häufiges Um-

rühren befördert man die Oxydation und verhindert durch sehr sorgfältige Regulirung der Temperatur jede Schmelzung oder jedes Aneinandersintern der kleinsten Theilchen, denn diese würden sich später nie mehr in Mennige verwandeln lassen. Sobald man keine Spur von Metalltheilchen mehr bemerkt, zieht man das gelbe Pulver aus dem Ofen und bringt es in eisernen Kasten zu dem Färbeofen. Dieser ist ähnlich wie der vorige construirt, er unterscheidet sich von jenem nur dadurch, daß seine Temperatur noch niedriger gehalten wird. Auf dem Heerde dieses Ofens breitet man das Massicot in einer dünnen Schicht aus und sucht der Luft möglichst Zutritt zu verschaffen, indem man auf einem weiten Rost das Brennmaterial, Kohks, lose schichtet und außerdem die Arbeitslöcher stets zum größten Theil geöffnet hält. Die Regulirung der Temperatur ist hier noch nothwendiger wie im vorigen Ofen, sie darf die Rothgluth nie erreichen, sondern man erhält sie stets so nahe wie möglich bei 300° C., weil sonst der absorbirte Sauerstoff wieder entweichen würde. Durch häufiges Umwenden mittelst eines eisernen Spatels bringt man stets neue Oberflächen mit der erhitzten Luft in Berührung und findet dann nach Verlauf von ungefähr 48 Stunden das Ganze in ein schönes rothes Pulver verwandelt.

Die Mennige wird vielfach als Anstrichfarbe benutzt; außerdem gebraucht man sie in der Tapetenfabrikation für rosa, orange, morgenrothe Farben; zur Darstellung des Oelkitts, welcher zur Dichtung von Maschinentheilen, Dampfröhren u. s. w. vielfach gebraucht wird. Ihre wichtigste Anwendung ist aber in der Glas- und Steingutfabrikation.

Schwefelblei. Blei vereinigt sich mit Schwefel in drei verschiedenen Verhältnissen, sie sind:

Viertelschwefelblei Pb_4S,
Halbschwefelblei Pb_2S,
Einfachschwefelblei PbS.

Die beiden ersten finden sich im Bleistein (S. 886). Das Einfachschwefelblei ist der Bleiglanz, das wichtigste von allen Bleierzen (S. 857). Künstlich läßt sich das Einfachschwefelblei darstellen, indem man eine schwach saure Lösung eines Bleioxydsalzes mit Schwefelwasserstoff fällt. Es bildet dann einen schwarzen in Wasser und verdünnten Säuren unlöslichen Niederschlag, der mit concentrirter Salzsäure gekocht sich unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff in Chlorblei verwandelt; beim Kochen mit concentrirter Salpetersäure wird zuerst das Blei oxydirt, ein Theil des Schwefels scheidet sich ab, aber bei längerem Erwärmen, namentlich bei Anwendung rauchender Salpetersäure, wird auch dieser zu Schwefelsäure oxydirt, welche sich mit dem Bleioxyd zu weißem unlöslichem schwefelsaurem Bleioxyd verbindet.

Chlorblei, PbCl, entsteht, wenn man eine concentrirte wäßrige Lösung eines Bleioxydsalzes mit Chlorwasserstoffsäure vermischt, oder wenn man Bleioxyd mit Chlorwasserstoffsäure übergießt, oder wenn man feingepulverten Bleiglanz mit rauchender Salzsäure kocht, oder endlich wenn man schwefelsaures Bleioxyd mit Kochsalz und Salzsäure kocht. Im letzteren Falle bildet sich Chlorblei, schwefelsaures Natron und freie Salzsäure; das Chlorblei läßt sich vom schwefelsauren Natron durch Krystallisation trennen. Das Chlorblei löst sich wenig in kaltem Wasser, leichter in kochendem, man erhält es daher in schönen Krystallen, wenn man die gefällte Verbindung in Wasser kocht, sodann heiß filtrirt und erkalten läßt. In 135 Th. kaltem Wasser löst sich 1 Th. Chlorblei, enthält das Wasser aber freie Salzsäure, so sind 1636 Th. zur Lösung erforderlich, ebenso erschwert die Gegenwart von Kochsalz oder Chlorcalcium die Löslichkeit. Essigsaures Natron, namentlich aber unterschwefligsaure Salze, lösen das Chlorblei mit Leichtigkeit.

Das Chlorblei vereinigt sich in verschiedenen Verhältnissen mit Bleioxyd und bildet Bleioxychloride, von denen einige technische Anwendung finden.

Einfach-Bleioxyd-Chlorblei, PbCl.PbO, ist ein weißer Niederschlag, der sich bildet, wenn man eine Lösung von Chlorblei mit Kalkwasser fällt und dabei einen geringen Ueberschuß von Chlorblei läßt. Es hat große Aehnlichkeit mit dem Bleiweiß, zeichnet sich aber vor diesem dadurch aus, daß es dem Einfluß des Schwefelwasserstoffs besser widersteht. Es führt nach seinem Erfinder den Namen Pattinson'sches Bleiweiß.

Der fabrikmäßigen Bereitung dieses Bleiweiß geht die Darstellung des Chlorbleies voran. Das Material dazu ist der Bleiglanz, welcher fein gepocht und gemahlen und dann in bleiernen Gefäßen mit rauchender Salzsäure gekocht wird, wobei sich Schwefelwasserstoff entwickelt und Chlorblei sich bildet. Ersterer wird in einen Ofen geleitet, in welchem Kiese zur Schwefelsäurefabrikation geröstet werden, und verbrennt darin zu schwefliger Säure. Das Chlorblei scheidet sich beim Erkalten der Lösung in Krystallen aus, welche erst mit kaltem Wasser gewaschen, um alle anhängende Säure zu entfernen, und dann in siedend heißem Wasser gelöst werden. Die Flüssigkeit enthält im Cubikfuß nahezu 5/6 Pfd. Chlorblei, sie wird in einen Behälter gebracht, dessen Capacität man genau kennt, um darnach die Menge des Kalkwassers zu reguliren. Letzteres stellt Pattinson aus gebranntem Dolomit dar, indem er diesen in großen Cisternen mit Wasser löscht und das erste Wasser unbenutzt abfließen läßt, um damit alle im Dolomit enthaltenen löslichen Salze zu entfernen. Darauf wird das Hydrat von Neuem in Wasser aufgerührt und die Lösung, nachdem sie sich völlig geklärt hat, in ein Gefäß gebracht, welches so viel des gesättigten Kalkwassers fassen kann, daß auf je 2 Aeq. des Chlorbleies gerade 1 Aeq. Kalk kommt. Zur Hervorbringung einer schönen haltbar weißen Farbe ist es unbedingt erforderlich, daß beide Flüssigkeiten plötzlich mit einander vermischt werden. Zu diesem Zwecke wandte Pattinson früher zwei große Kippfässer an, welche ihren Inhalt gleichzeitig in ein darunter befindliches Reservoir entleerten. In neuerer Zeit leitet er die Flüssigkeit in zwei parallel neben einander liegende Röhren, welche beide ihrer Länge nach einen unter 45° gegen den Horizont geneigten feinen Einschnitt haben. Werden nun die beiden Hähne der Reservoirs geöffnet, so treffen beide Flüssigkeiten in einer feinen Schicht zusammen und die Zersetzung findet augenblicklich Statt. Der Niederschlag und die Flüssig-

keit gelangen durch eine Rinne, welche unter den beiden Röhren liegt, in ein großes Reservoir und darin lagert sich die weiße Farbe rasch ab. Die darüberstehende Flüssigkeit enthält außer dem Chlorcalcium noch eine geringe Menge Chlorblei, da dieses stets im Ueberschuß zugegen sein muß. Um dieses zu gewinnen, leitet man die Lösung in ein anderes Reservoir und vermischt sie darin bis zur deutlich alkalischen Reaction mit Kalkwasser. Es fällt dadurch Bleioxydhydrat nieder, welches wieder auf Chlorblei verarbeitet wird. Der Niederschlag des Bleioxychlorids wird in Wasser gewaschen, bis dieses nichts mehr aufnimmt, und dann in irdenen Gefäßen in einem stark geheizten Raume getrocknet.

Von Brumlen in Newyork ist folgende Methode zur Darstellung dieser Verbindung empfohlen. Man soll fein gepulvertes Blei mit Essigsäure befeuchten, dann die Säure abfließen lassen, um durch die Berührung mit der Luft eine Oxydation des Bleies einzuleiten. Nach einiger Zeit giebt man die saure Flüssigkeit auf das Blei zurück, wodurch das gebildete Bleioxyd gelöst wird. Durch häufige Wiederholung dieser Behandlung kann man nach und nach eine Lösung von basisch essigsaurem Bleioxyd erhalten. Diese Flüssigkeit wird mit Salzsäure zersetzt, wobei sich neutrales Chlorblei ausscheidet und wieder freie Essigsäure gebildet wird, die man sammt dem Wasser, welches man zum Auswaschen des Chlorbleies verwandt hat, wieder statt reiner Essigsäure anwendet. Das Chlorblei wird dann mit basisch-essigsaurem Bleioxyd so lange digerirt, bis es so viel Bleioxyd aufgenommen hat, als erforderlich ist, um in basisches Chlorblei überzugehen. Dieses wird abfiltrirt und gewaschen. Die Flüssigkeit enthält neutrales essigsaures Bleioxyd, welches durch Behandlung mit oxydirtem Blei wieder basisch gemacht wird (Polyt. Journ. 159, 237).

Diese Methode bietet gegen die von Pattinson gewiß nicht den geringsten Vortheil, die anzuwendenden Rohmaterialien sind theurer und sind nie ohne Verlust wieder zu gewinnen.

Siebenfach-Bleioxyd-Chlorblei oder Casseler Gelb, $PbCl . 7 PbO$, eine gelbe Malerfarbe, die jetzt nur noch wenig angewandt wird, da sie durch das schönere Chromgelb verdrängt ist. Man bereitet es, indem man 10 Th. Mennige, Massicot oder Bleiweiß mit 1 Th. Salmiak schmilzt. Das frei werdende Ammoniak zersetzt dabei einen Theil des Bleioxyds, so daß man außer dem basischen Chlorblei eine gewisse Menge reducirtes Blei erhält. Das Bleioxychlorid bildet nach dem Erkalten eine schön gelbe, blättrigstrahlig krystallisirte Masse.

Jodblei, PbJ, entsteht als schön gelber krystallinischer Niederschlag, wenn man essigsaures Bleioxyd mit etwas überschüssigem Jodkalium in der Kälte vermischt. Erhitzt man die Flüssigkeit mit dem Niederschlag zum Sieden, so löst sich letzterer, wenn genug Wasser zugegen, auf und scheidet sich beim Erkalten in prachtvoll goldgelben Krystallen ab. Es ist in 194 Th. kochendem und 1235 Th. kaltem Wasser löslich.

Bromblei, $PbBr$, ist in jeder Beziehung dem Chlorblei ähnlich. Das Jod- und Bromblei theilen mit dem Chlorblei die Eigenschaft, Verbindungen mit Bleioxyd zu bilden.

Kohlensaures Bleioxyd. Es findet sich in der Natur an einigen Orten krystallisirt als Weißbleierz oder Bleispath. (Vergl. oben S. 858.)

Zur Darstellung des reinen kohlensauren Bleioxyds fällt man eine Lösung von salpetersaurem Bleioxyd mit kohlensaurem Ammoniak, der weiße krystallinische Niederschlag wird ausgewaschen und getrocknet. So dargestellt bildet es eine Verbindung von 1 Aeq. Bleioxyd mit 1 Aeq. Kohlensäure und hat folgende Zusammensetzung:

	Atomgewicht.	In 100 Theilen.
1 Aeq. Bleioxyd	112	83,59
1 „ Kohlensäure.....	22	16,41
1 Aeq. kohlens. Bleioxyd	134	100,00

Seine Formel ist demnach $PbO . CO_2$.

Fällt man Lösungen von Bleizucker oder salpetersaurem Bleioxyd mit kohlensaurem Natron oder Kali, so erhält man je nach der Concentration und der Temperatur der Lösungen Niederschläge von verschiedener Zusammensetzung, in denen ein Theil der Kohlensäure durch Wasser vertreten ist, so daß statt des neutralen Salzes verschiedene basische Salze entstehen, wie von H. Rose nachgewiesen wurde.

Ein basisch kohlensaures Bleioxyd ist auch das Bleiweiß, welches wegen seiner vielfachen Anwendung als Anstrichsfarbe im Großen dargestellt wird und einen wichtigen Handelsartikel bildet.

Die Fabrikation des Bleiweiß, von dem verschiedene Sorten unter den Namen Schieferweiß, Kremser-Weiß oder Kremnitzer-Weiß, Venetianer-, Hamburger- und Holländisches-Weiß vorkommen, geschieht auf verschiedene Weisen, die zwar im Wesentlichen auf denselben Principien beruhen, sich aber doch in manchen Punkten von einander unterscheiden. Die gewöhnlichsten Fabrikationsmethoden sind:

die holländische Methode,
die französische Methode,
die englische Methode

und verschiedene andere.

Die Fabrikation des Bleiweiß ist sehr alt; sie ist aber bis vor kurzer Zeit, wo man viele Vorsichtsmaßregeln eingeführt hat, der Gesundheit der dabei beschäftigten Arbeiter äußerst gefährlich gewesen. De Ruolz führt an, daß in den acht Jahren von 1836 bis 1844 im Hospital de la Charité zu Paris 1163 von der Bleikolik Befallene aufgenommen waren, von denen 406 in Bleiweißfabriken beschäftigt und 385 Anstreicher waren. Es ist indessen erfreulich, daß die Besitzer der Bleiweißfabriken jetzt die größten Anstrengungen machen, um die Ursachen, welche diese tödtliche Krankheit bewirkte, zu heben, indem sie für solche Verrichtungen, welche der Gesundheit ihrer Arbeiter gefährlich sind, Maschinen verwenden.

Die verschiedenen Methoden der Fabrikation unterscheiden sich dadurch von einander, daß sie entweder Essigdämpfe auf metallisches Blei wirken lassen, wobei die erforderliche Kohlensäure und die erhöhte Tempe-

ratur durch Gährung organischer Substanzen geliefert werden (holländische Methode); oder daß sie basisch essigsaures Bleioxyd in Lösung oder im feuchten Zustande durch Kohlensäure zersetzen lassen (französische und englische Methode). Diese Verfahrungsweisen sind nicht gleich vortheilhaft für den Fabrikanten; denn obgleich die französische und englische rationeller erscheint, so liefert sie doch ein Product, welches den Ansprüchen der Anstreicher nicht so vollkommen genügt, wie das nach dem holländischen Verfahren dargestellte Bleiweiß. Die kleinsten Theilchen des aus einer Lösung gefällten Bleiweiß sind verhältnißmäßig größer und grobkörniger wie die des anderen Bleiweiß. Man nahm früher an, die ersteren seien krystallinisch, dieses ist jedoch nach neueren Untersuchungen nicht der Fall. Beide sind vollkommen amorph, das französische Bleiweiß deckt indessen nicht so gut, dieses dürfte aber nicht durch die krystallinische Structur, sondern durch eine eigenthümliche Form oder Beschaffenheit seiner kleinsten Moleküle zu erklären sein. Eben so irrig ist die Ansicht, daß das französische Bleiweiß neutrales kohlensaures Bleioxyd sei; dieses kann sich nur bilden, wenn das gefällte Bleiweiß mit überschüssiger Kohlensäure in Berührung kommt. Denn das neutrale kohlensaure Bleioxyd hat die Eigenschaft, aus einer Lösung von basisch essigsaurem Bleioxyd Bleioxydhydrat aufzunehmen und sich in das basische Salz zu verwandeln, so lange als noch basisch essigsaures Bleioxyd vorhanden ist. Da der Fabrikant nun den Moment sehr leicht treffen kann, wo nur noch eine geringe Menge des basisch essigsauren Salzes vorhanden ist, so wird er dann schon aufhören, Kohlensäure zuzuführen, und dadurch die Bildung des neutralen Salzes verhindern. Es ist dieses auch schon deshalb nothwendig, weil im entgegengesetzten Falle durch einen Ueberschuß von Kohlensäure selbst das neutrale Salz gelöst und in saures verwandelt werden würde.

Die Oxydation des Bleies bei der holländischen Methode geschieht ausschließlich auf Kosten des Sauerstoffs der Luft und nicht, wie man früher annahm, durch Zersetzung der Essigsäure; denn die Quantität der angewandten Essigsäure ist weit zu gering, um den Sauerstoff für eine so große Menge von Bleioxyd zu liefern. Die sauren Dämpfe befördern allerdings die Oxydation des Bleies sehr. Sobald sich eine Spur von Bleioxyd gebildet hat, wird dieses zu neutralem essigsaurem Bleioxyd gelöst, die Oxydation geht rasch weiter, es bildet sich mehr Bleioxydhydrat, dieses verbindet sich mit dem neutralen zu basischem Salz und hierauf wirkt die Kohlensäure, scheidet zwei Aequivalente des Oxyds als basisch kohlensaures Bleioxyd ab, während das dritte Aequivalent als neutrales Salz zurückbleibt. Dieses löst wieder Bleioxyd auf, sobald wie es sich bildet, auf dieses wirkt wieder die Kohlensäure, und so fort, so lange noch Blei vorhanden ist.

Holländisches Verfahren. Die erste Arbeit besteht darin, daß man Blei in dünne Tafeln gießt, und dieses geschieht auf die Weise, daß man das geschmolzene Metall auf kalte eiserne Platten gießt; sobald die Oberfläche des Bleies anfängt zu erstarren, neigt man die eiserne Platte gegen den Schmelzkessel, so daß alles noch flüssige Blei in diesen zurückfließt; die darauf zurückbleibende dünne Bleitafel wird abgenommen, die eiserne Platte in Wasser gekühlt und auf dieselbe Weise neue Tafeln gegossen. So lassen sich mehre Centner Blei in 24 Stunden in dünne Tafeln verwandeln, deren Dicke nicht mehr als $^1/_{48}$ bis $^1/_{24}$ Zoll beträgt. Die Tafeln werden in der Mitte umgebogen und in den Falz ein hölzerner Stab gelegt. Eine Anzahl hiervon werden in eine hölzerne Kiste von $4^1/_2$ bis 5 Fuß Länge, 12 bis 14 Zoll Breite und 9 bis 11 Zoll Tiefe gehängt, und zwar so, daß weder die einzelnen Bleiplatten sich unter einander, noch die Wände oder den Boden der Kiste berühren. Auf den Boden der Kiste, der durch einen Ueberzug von Pech wasserdicht gemacht ist, gießt man eine Mischung von gleichen Theilen Essig und Weinlager und legt den Deckel auf. Nachdem eine Anzahl solcher Kisten vorgerichtet ist, bringt man sie in einen Raum, dessen Temperatur durch Heizung so weit erhöht wird, daß die Säure zu verdampfen beginnt. Die Räume sind so groß, daß sie 90 Kisten fassen; ihre Temperatur wird in der ersten Woche auf 25°, in der zweiten Woche auf 38°, in der dritten Woche auf 45° und in der vierten und fünften Woche auf 50° gebracht. Durch den Einfluß der Essigsäure und durch die, durch Gährung des Weinlagers entstandene Kohlensäure ist nach dieser Zeit der größte Theil des Bleies in Bleiweiß verwandelt. Die Bleiplatten sind bis auf mehr als $^1/_4$ Zoll geschwollen und enthalten nur noch ein dünnes Plättchen Blei. Der Raum wird dann geöffnet, die Kisten herausgenommen und das Bleiweiß von den Platten abgeklopft.

Dieses Verfahren wird namentlich im südlichen Deutschland zu Klagenfurth und Wolfsberg angewandt und man benutzt dort dazu das vollkommen reine Blei von Villach und Bleiberg, wodurch man das so berühmte Kremser-Weiß darstellt. Denn die bessere Qualität dieser Sorte rührt weit mehr von der Güte des Bleies als von den Vorzügen der Methode her, und man kann auf andere Weise, wenn man nur ein ebenso gutes Blei anwendet, ein ebenso schönes Product erzielen; eine gelbliche Farbe, welche das Bleiweiß so oft zeigt, stammt nur davon her, daß das Blei Beimischungen von anderen Metallen enthält, so namentlich von Eisen, welches sich zu rothem essigsaurem Eisenoxyd löst.

In Holland, im nördlichen Deutschland und an vielen anderen Orten bedient man sich statt der hölzernen Kisten irdener Töpfe, in welche etwas Essig gegossen wird und in die man spiralförmig gewundene Bleiplatten stellt; so vorgerichtet bringt man sie in gemauerte Räume und füllt ihre Zwischenräume mit Pferdemist oder Lohe aus.

Die Fabrikation nach der holländischen Methode zerfällt in folgende Operationen: das Gießen der Tafeln, die Schichtung der Töpfe in dem Haufen oder der Looge, das Auseinandernehmen des Haufens, das Abblättern des Bleiweiß, das Mahlen, das Waschen in Wasser, das Trocknen, das Mahlen des getrockneten Bleiweiß, entweder für sich oder mit Oel, und endlich das Verpacken.

Gießen der Tafeln. Eine hinreichende Menge vom besten Blei wird in einem eisernen Kessel geschmolzen. Man bedient sich dazu eines Kessels, dessen Oeffnung ganz mit einem Mantel von Eisenblech umgeben

ist, dessen obere Oeffnung durch ein Rohr mit einem kräftig ziehenden Schornstein in Verbindung steht. Auf diese Weise leitet man alle sich bildenden Bleidämpfe aus dem Raume ab und verhindert, daß sie einen schädlichen Einfluß auf die Gesundheit des Arbeiters ausüben können. An der Seite des Mantels ist ein Schieber angebracht, der jedesmal in die Höhe gezogen wird, wenn von dem Metall gebraucht werden soll, der sich aber vermöge seiner Schwere von selbst wieder schließt. Sobald das Metall nur einige Grade über seinen Schmelzpunkt gekommen ist, gießt man es auf die oben beschriebene Weise oder in eigenen Formen zu Tafeln von 16 bis 24 Zoll Länge und 4 Zoll Breite aus, wobei man darauf zu achten hat, daß sie möglichst dünn werden, damit sie dem Einfluß des Sauerstoffs eine möglichst große Fläche darbieten. Sie werden dann spiralförmig aufgewickelt und in die Töpfe gebracht, worin ungefähr einen Zoll vom Boden drei hervorspringende Nasen angebracht sind, worauf die Bleirollen gestellt werden. In neuerer Zeit haben namentlich englische Fabrikanten angefangen, statt das Blei in dünne Tafeln zu gießen, gitterförmige Platten daraus darzustellen, welche mit geringerer Mühe angefertigt werden. Man bedient sich dazu einer mit einem Rande umgebenen eisernen Platte, in welche in geringen Abständen von einander, der Länge und Breite nach, also sich kreuzende Rinnen eingelassen sind. Nach dem Erstarren hebt man das gitterförmige Bleiblech heraus.

Errichtung des Haufens. Die Größe, welche man dem Haufen zu geben hat, hängt wesentlich von der Ausdehnung des Geschäfts ab, doch richtet man ihn zweckmäßig so ein, daß er 12 bis 16 Fuß lang, 12 bis 15 Fuß breit und ungefähr 20 Fuß hoch ist. Der Bequemlichkeit halber versenkt man den unteren Theil desselben durch Anlage einer Grube in die Erde. An drei Seiten umgiebt man ihn mit einem soliden Mauerwerk, um dem Ganzen Festigkeit zu ertheilen. Die vierte Seite bleibt frei, um von hier aus die Füllung vornehmen zu können. Auf den Boden bringt man eine Lage Mist, der schon früher gedient hat, und giebt dieser einen Fuß Stärke. An den Wänden entlang breitet man dann eine Schicht frischen Mist von 12 bis 18 Zoll Breite aus und füllt den ganzen frei bleibenden Raum mit den irdenen Töpfen, deren Höhe 8 Zoll und deren oberer Durchmesser 9 Zoll beträgt. In jeden Topf bringt man etwas Essig von möglichst geringer Qualität, wozu man also jeden Malzessig, saures Bier oder dergleichen verwenden kann, und eine Bleirolle, welche so auf den hervorspringenden Nasen steht, daß sie weder den Essig berührt, noch über den Rand des Topfes hervorragt. In die Mitte der Schicht und in die Ecken stellt man einige größere Töpfe, welche fast ganz mit Essig gefüllt sind, in denen kein Blei vorhanden ist. Jede Schicht hält 1000 bis 1200 Töpfe. Ueber die Bleirolle legt man gewöhnlich noch eine oder mehrere Bleiplatten in horizontaler Richtung, so daß die oberste derselben den Deckel des Topfes bildet. Die ganze Schicht wird dann mit starken hölzernen Bohlen belegt und wieder eine einen Fuß starke Lage frischer Mist darüber geschichtet. Ueber diese legt man dann wieder an den Seiten eine Lage Mist und füllt den dazwischen verbleibenden Raum wie vorher mit Töpfen an und so fort, bis der ganze Haufen gefüllt ist. In jeden Haufen bringt man gewöhnlich acht, manchmal aber auch zehn Reihen Töpfe; bei der Construction gebraucht man die Vorsichtsmaßregel, daß durch einen freien Raum zwischen den einzelnen Reihen eine Verbindung bleibe, damit die für die Oxydation erforderliche Luft im Haufen circuliren kann. Jede Schicht eines Haufens enthält ungefähr 70 Pfd. Essig und 24 bis 30 Ctnr. Blei; der ganze Haufen zu acht Schichten gerechnet, besteht daher aus 560 Pfd. Essig und 192 bis 240 Ctnr. Blei. Vier Arbeiter können an einem Tage zwei Schichten anfüllen, so daß sie in vier Tagen den ganzen Haufen vollenden. In großen Fabriken wird man daher so viele Haufen errichten, daß diese Arbeiter stets beschäftigt bleiben und mit dem Entleeren des einen Haufens beginnen, sobald der neue gefüllt ist.

Nach vier bis sechs Wochen ist das Blei in Bleiweiß verwandelt.

Obgleich die Gesundheit der Arbeiter durch die Ausdünstungen der großen Menge von Pferdemist nicht zu leiden scheint, so hat man namentlich in englischen Fabriken doch vorgezogen, statt des Mistes gebrauchte Gerberlohe zu verwenden; denn wenngleich die zur Umwandlung erforderliche Zeit etwas länger dauert, so hat die Lohe doch den großen Vortheil, daß sich bei ihrer Gährung nicht, wie beim Dünger, Schwefelwasserstoff bilden kann, der das Bleiweiß so leicht färbt. Die Einrichtung der Haufen oder Loogen bleibt dabei unverändert. Die Gährung der Lohe ist zwar nicht so heftig, sie ist aber hinreichend, um den Essig allmälig bis zu dem erforderlichen Grade zu erwärmen, so daß nach acht bis neun Wochen das Bleiweiß fertig ist.

Ein großer Nachtheil der holländischen Methode besteht darin, daß man die Leitung der Gährung nicht in seiner Gewalt hat. Die Temperatur im Innern des Haufens ist daher nie vollkommen gleichmäßig, manchmal steigt sie auf 80 bis 90°, wodurch eine viel zu rasche Verdampfung des Essigs eintritt, der sich dann entweder verflüchtigt oder sich an den äußeren kälteren Stellen verdichtet, ohne auf das Blei wirken zu können. Dieses kann aber nur im Anfang geschehen, denn wenn einmal die Essigsäure an Bleioxyd gebunden ist, so kann keine Verdampfung derselben mehr eintreten, es ist dann nur die ungleichmäßige Temperatur nachtheilig, indem diese in der Mitte häufig bedeutende Höhengrade erreicht, während an den Wänden die Wärme weit geringer bleibt, so daß dort die Oxydation verzögert wird. Am besten wird die Operation gelingen, wenn für eine Circulation der Luft im Haufen gesorgt ist und die Temperatur möglichst gleichförmig zwischen 40 und 50° gehalten wird.

Weitere Behandlung des Bleiweiß. Nachdem die zur Bildung des Bleiweiß erforderliche Zeit verstrichen ist, wird der Haufen abgetragen. Zuerst entfernt man die oberste Schicht des Mistes oder der Lohe, nimmt die Bretter, welche die Töpfe bedecken, ab, wodurch die zum größten Theil in Bleiweiß verwandelten Bleiplatten, welche die Töpfe bedecken, frei gelegt werden. Nachdem dieses geschehen, nimmt man die Platten und die Rollen aus den Töpfen und transportirt sie in

kleinen hölzernen Kisten in den Theil der Fabrik, wo die weitere Verarbeitung stattfindet. So fährt man fort, bis sämmtliche Töpfe entleert sind. Die Trennung des Bleiweiß von den Bleiplatten war früher eine Operation, welche den Arbeitern die größte Gefahr brachte, indem die Luft dabei mit einem unendlich feinen Staube von Bleiweiß beladen wurde, welcher, mit jedem Athemzuge verschluckt, die Gesundheit dieser Unglücklichen in kurzer Zeit zerstörte. Die Platten wurden dabei mit den bloßen Händen ergriffen und an einander geschlagen, um das daran haftende Bleiweiß abzulösen. Der größte Theil davon wurde auf diese Weise gewonnen, es blieb aber noch eine bedeutende Menge an den Platten hängen; um auch dieses zu erhalten, schichtete man die Platten auf einem flachen Stein über einander und schlug so lange mit einem schweren Hammer darauf, bis nur noch das metallische Blei zurückblieb. Glücklicherweise ist dieses wahrhaft unmenschliche Verfahren jetzt dahin abgeändert, daß das Abblättern des Bleiweiß durch Maschinen geschieht, welche so eingeschlossen sind, daß nichts von dem Staube in die Luft der Arbeitsräume gelangen kann. In der Fabrik des Herrn Lefèvre in Lille wendet man folgende Methode an. Die Arbeiter, welche die Platten und Rollen aus den Töpfen nehmen, sind durch lange Handschuhe von Schafleder beschützt, so daß das Bleiweiß nicht durch die Haut aufgenommen werden kann. Die Platten werden in einem kleinen Wagen zu der Maschine gebracht, wo sie auf einem Tau ohne Ende, an welchem ein Eimer befestigt ist, in die Höhe gehoben und auf einen Tisch gebracht werden, wo die Rollen vorsichtig abgewickelt werden und dann auf einem endlosen Leder zu einem Paar cannelirten hölzernen Walzen geführt werden, durch welche sie passiren. Durch den Druck dieser Walzen springt das Bleiweiß von den Platten ab, die größeren Stücke davon werden ausgelesen und unter dem Namen Schieferweiß in den Handel gebracht; die feineren Theile gelangen dann in das Mühlwerk, um gepulvert zu werden. Zu diesem Zwecke wird das Bleiweiß zuerst angefeuchtet, damit es beim Mahlen nicht den geringsten Staub verbreitet. Zum Zerkleinern dienen eine Anzahl glatt geschliffener Mühlsteine. Durch die Centrifugalkraft wird der feine Schlamm aus der Mühle heraus in eine Rinne getrieben, an deren Enden man ihn in irdenen unglasirten Töpfen auffängt und darin in den Trockenraum bringt, wo er 10 bis 12 Tage verweilt.

Der Trockenraum ist ein geräumiges Zimmer mit starken Wänden, an denen in gewissen Entfernungen über einander Borte angebracht sind; diese bestehen aus starken eisernen Stäben und werden von eisernen Pfeilern getragen. In der Mitte des Raumes befindet sich ein großer eiserner Ofen, der im Winter mit Steinkohlen geheizt wird, um die Temperatur so weit zu erhöhen, daß das Wasser verdampft. Im Sommer ist die Temperatur der Luft hinreichend, um das Trocknen zu bewirken. Die Circulation der Luft wird dadurch befördert, daß in der Decke eine Oeffnung angebracht ist, welche mit einem kräftig ziehenden Schornstein in Verbindung steht. Nach einigen Tagen ist das meiste Wasser verdunstet und das Bleiweiß läßt sich durch Umkehren der Formen herausnehmen; die Stücke enthalten dann aber noch zu viel Wasser. Um dieses zu entfernen, bringt man sie auf hölzernen Brettern in einen anderen Raum, der stärker geheizt ist und in dem die Austrocknung vollendet wird. Endlich werden die nicht zerbrochenen Bröte in Papier eingeschlagen und so zum Verkauf verpackt, da man dem Bleiweiß in Stücken einen höheren Werth zuschreibt, wie dem pulverförmigen. Alle zerbrochenen werden zwischen marmornen Mühlsteinen in einem hermetisch geschlossenen Raume zu feinem Pulver gemahlen oder mit 8 bis 10 Proc. Oel zu Farbe gerieben.

Das Anreiben des Bleiweiß mit Oel, wie es gewöhnlich von den Malern geschieht, ist eine nahezu ebenso gefährliche Operation als die Anfertigung selbst, und es giebt kaum ein Mittel, die dabei Beschäftigten vor der Einathmung des feinen Staubes zu schützen. Auch diese Arbeit wird jetzt von den Fabrikanten übernommen, und sie wird ebenfalls durch eine sehr einfache Maschine ausgeführt. Diese ist dem Knetapparat der Brotfabriken gleich und besteht aus einem Cylinder, in dem eine mit verschiedenen eisernen Armen versehene Axe rotirt. Letztere wird durch eine Scheibe und Triebriemen mit dem übrigen Theil der Maschine in Verbindung gebracht und diese in Drehung versetzt. Die Materialien, Bleiweiß und Oel, werden durch eine im oberen Theile des Cylinders befindliche Oeffnung in diesen gebracht und auf demselben Wege, nachdem sie durch die Arme des Knetapparats hinreichend vermengt sind, als Farbbrei wieder entfernt. Zur noch innigeren Mischung pflegt man den Brei noch nachträglich auf einem Reibstein ebenfalls durch Maschinen bearbeiten zu lassen.

Diese Vorsichtsmaßregeln haben den günstigsten Erfolg gehabt, denn seitdem sie eingeführt sind, hat man in der oben genannten Fabrik nicht oder nur äußerst selten von den lästigen Krankheitsfällen zu leiden gehabt. Aehnlich wie dort ist das Fabrikationsverfahren in der Anstalt von Walker, Parker u. Comp. am Dee im nördlichen England. Man wendet dort das Blei nicht in dünnen Tafeln, sondern in gitterförmigen Platten an und benutzt statt des Mistes Gerberlohe; die Platten werden nicht in die Töpfe hineingestellt, sondern mehrere, fünf bis sechs über einander, auf den Essigbehälter, flache irdene Schalen, gelegt. Das Gewicht einer jeden solchen Platte beträgt ungefähr 3 Pfd., sie sind daher bedeutend schwerer als die dünnen Rollen, doch die Erfahrung hat bewiesen, daß sie in dieser Form dennoch leicht in Bleiweiß verwandelt werden. Wir sahen die Anwendung solcher starken Platten in mehreren englischen Fabriken. Der Essig wird durch Destillation von Holz in der Anstalt selbst bereitet, man verdünnt ihn dort so weit, daß er nur 1° am Acetometer zeigt. Das dort befolgte Verfahren zur Trennung des Bleiweiß von den Platten weicht in einigen Punkten von den oben beschriebenen ab, indem fast alle Manipulationen in den offenen Arbeitsräumen vorgenommen werden und statt das Bleiweiß mittelst in geschlossenen Kästen befindlicher Walzen zu zerdrücken, verwandelt man es hier durch Hinzufügung von Wasser in einen feinen Schlamm, der kein Verstäuben möglich macht. Die mit Bleiweiß bedeckten Platten werden in einen

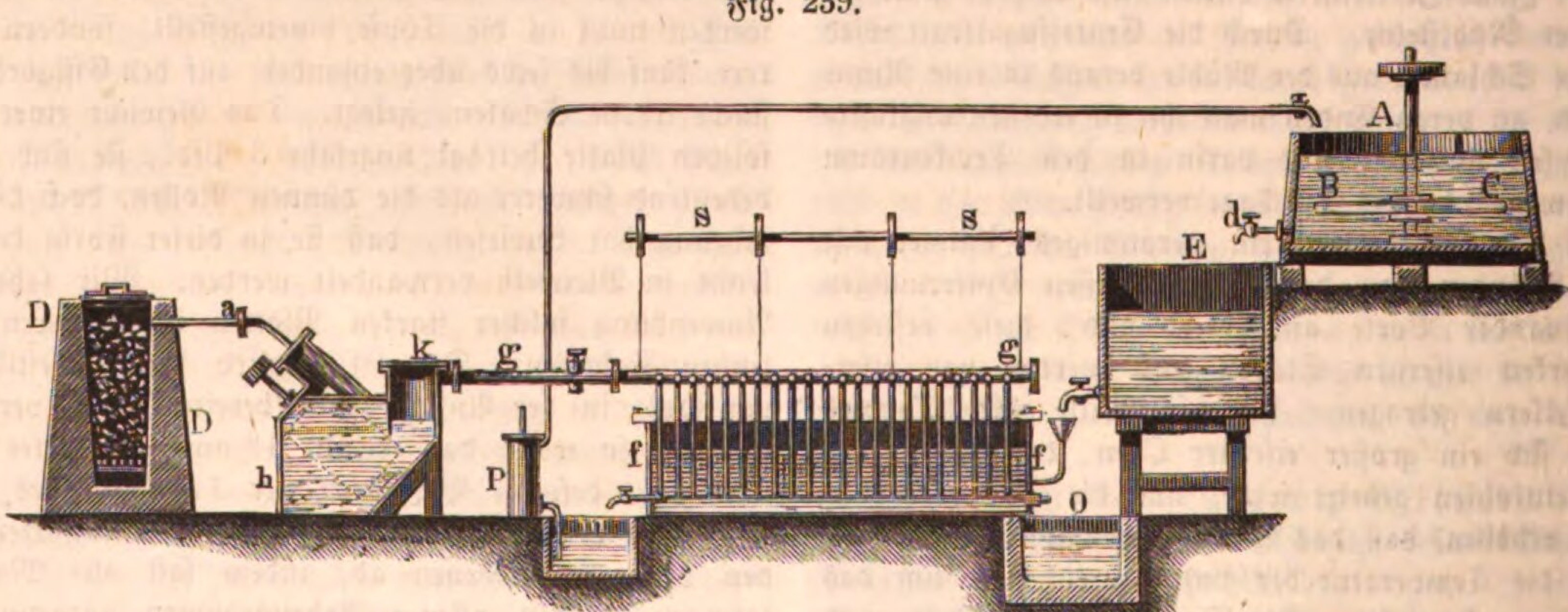
oben verschließbaren hölzernen Rumpf entleert und, sobald sie darin niedergelegt sind, mittelst einer darüber befindlichen Brause mit Wasser angefeuchtet. Unmittelbar unter dem Rumpf liegen ein Paar cannelirte Walzen, durch die die Platten passiren, und von dort gelangen sie auf ein viereckiges mit Rändern umgebenes durchlöchertes Zinkblech, welches über einem mit Wasser bis zum Rande gefüllten Bottich befestigt ist. Das Sieb befindet sich ebenfalls im Wasser und hier werden die Bleistücke von einem Arbeiter mittelst eines Spatels in steter Bewegung erhalten, um die am Blei noch haftende Farbe möglichst abzuscheuern. Eine gewisse Menge Bleiweiß haftet aber zu fest, um sich auf diese Weise gewinnen zu lassen; man wiederholt daher dieselbe Behandlung nochmals, läßt den Rückstand nochmals zwischen den Walzen durchgehen und wäscht wieder auf dem Siebe mit Wasser ab. Die dann zurückbleibenden Platten werden wieder eingeschmolzen, um von Neuem verwandt zu werden.

Nachdem das Bleiweiß sich zu Boden gesetzt hat und das darüber stehende Wasser vollkommen klar geworden ist, zieht man dieses ab und schafft das noch mehr oder weniger grobe Körner darstellende Bleiweiß in den Rumpf eines Farbenmahlwerkes, worin es bedeutend zerkleinert wird, aber doch noch einer Behandlung in einem schwereren Mahlwerk bedarf, um eine größere Feinheit anzunehmen. Endlich geht es noch durch ein drittes Mahlwerk und wird von hier aus durch einen ununterbrochen fließenden Strom Wasser in einen großen Bottich geschwemmt, wo es durch ein Rührwerk geschlämmt und in eine Reihe von Schlämmteichen geleitet wird. Nach dem Abklären läßt man das Wasser aus diesen Teichen ab und sammelt es in einem Brunnen, von wo es wieder in die Höhe gepumpt und immer wieder von Neuem zum Schlämmen gebraucht wird. Das Bleiweiß wird vom Boden der Teiche mit Löffeln herausgeschöpft und in flachen Schalen von unglasirtem Steingut in einem Raume durch stark erhitzte Luft in wenig Tagen vollkommen ausgetrocknet. Man verzichtet in dieser Fabrik auf den Verkauf des Schieferweiß, wie auch darauf, die festen Stücke zu etwas höherem Preise abzusetzen, und verwandelt die Gesammtmenge des angefertigten Bleiweiß gleich in fertige Oelfarbe. Zu dem Zweck wird das getrocknete Product in einem hermetisch verschlossenen Mahlwerk in feinstes Pulver verwandelt und dann in einem Knetapparat mit 8 bis 10 Proc. Oel angemengt und schließlich noch auf dem Stein präparirt.

Französisches Verfahren oder Methode von Clichy. Im Jahre 1801 schlug Thenard vor, das Verhalten einer Lösung von basisch essigsaurem Bleioxyd gegen Kohlensäure zur Darstellung des Bleiweiß zu benutzen. Von Brechot u. Lesueur wurde es zuerst zu Toulouse auf diese Weise dargestellt und später im großartigsten Maßstabe von Rosard zu Clichy, nach welchem Orte das ganze Verfahren benannt ist. Die verschiedenen Operationen bestehen darin, daß man Bleiglätte in verdünnten Essig so lange einträgt, bis die Flüssigkeit 17 bis 18° B. zeigt; sie enthält dann auf jedes Aequivalent Essigsäure 3 Aeq. Bleioxyd. Dieses basisch essigsaure Blei wird durch Kohlensäure, die durch Verbrennung von Holzkohlen, Kohks u. s. w. dargestellt wird, zersetzt, wobei basisch kohlensaures Bleioxyd abgeschieden wird, während neutrales essigsaures Bleioxyd in Lösung bleibt. Die neutrale Lösung wird von dem Niederschlage getrennt und von Neuem zur Lösung von Bleioxyd benutzt. Dieselbe Menge Essig wird daher immer wieder benutzt und man hat nur den geringen Verlust an Essigsäure, welche in dem einmal gewaschenen Niederschlag hängen bleibt, da man das erste Waschwasser wieder mit in das Lösungsgefäß bringt.

Zu Clichy bedient man sich des in Fig. 239 gezeichneten Apparats. *A* ist ein großer hölzerner Bottich von 660 Cubikfuß Inhalt, in welchem ein Rührwerk *BC* befindlich ist, um die Lösung des Bleioxyds im Essig zu befördern. Sobald die Flüssigkeit 17 bis 18° B. zeigt, läßt man sie durch den Hahn *d* in den

Fig. 239.



kupfernen Klärbottich *E* fließen, worin sie theils mechanische Verunreinigungen, theils fremde Beimengungen absetzt. Aus *E* wird die klare Lösung in das Zersetzungsgefäß *ff* gezogen. Dieses ist 20 Fuß lang, 10 Fuß breit und 2 Fuß hoch; es wird bis zu einer Höhe von 20 Zoll mit der Flüssigkeit gefüllt und faßt dann 330 Cubikfuß oder die Hälfte der im Lösungsbottich angefertigten Flüssigkeit. Das Zersetzungsgefäß wird

durch einen an den Seiten zu befestigenden Deckel verschlossen und durch diesen gehen 800 kupferne Röhren, welche 12 Zoll tief in die Flüssigkeit tauchen und die an ihrem oberen Ende an 20 Nebenröhren vertheilt sind, die von dem Hauptrohre *g* ausgehen. Durch letzteres wird die Kohlensäure, welche durch Glühen von Kalksteinen zwischen Kohks in dem kleinen Kalkofen *D* entwickelt und durch die archimedische Schnecke *hk* gewaschen und unter Druck vorwärts getrieben wird, in die Flüssigkeit geleitet.

Die Präcipitation ist in 12 bis 14 Stunden beendet, man läßt den Inhalt des Zersetzungsgefäßes dann in vollkommenster Ruhe, bis sich das schwere Bleiweiß am Boden abgelagert und die darüberstehende Flüssigkeit sich geklärt hat. Diese wird dann in das versenkte Reservoir *m* abgelassen und von da mittelst der Druckpumpe *P* nach *A* zurückgebracht. Durch die Behandlung mit Kohlensäure wird so viel Bleioxyd ausgeschieden, daß die Lösung des essigsauren Bleioxyds noch 12° B. zeigt. Das Bleiweiß wird, nachdem man den Deckel des Zersetzungsgefäßes in die Höhe gezogen hat, durch eine Oeffnung in die Cisterne *O* geleitet, wobei man anfangs mit einer hölzernen Schaufel den Brei vorwärts schiebt und zuletzt den Rest mit Hülfe von Wasser ausspült. In der Cisterne *O* rührt man die Farbe in Wasser auf, läßt sie wieder absetzen, bringt das erste Waschwasser in das Lösungsgefäß zurück und erneuert die Waschungen noch zweimal, worauf das fertige Bleiweiß nur in irdenen Töpfen oder Gipsformen getrocknet zu werden braucht, um in den Handel gebracht zu werden. Ein Mahlen oder Schlämmen ist bei diesem Verfahren nicht erforderlich, da der Niederschlag einen weit höheren Grad von Zertheilung hat, als ihm durch Maschinen gegeben werden könnte.

Englische Methoden. Diese haben die größte Aehnlichkeit mit der von Thenard, sie wurden ursprünglich Benson und Gossage patentirt, und von ihnen im Großen betrieben. Das Verfahren besteht darin, daß trockne Bleiglätte mit einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd zu einem feuchten Pulver angemacht wurde, welches man mit Kohlensäure behandelte. Die Glätte wurde auf einer Metallplatte durch eine darüber gehende cannelirte Walze stets bewegt, so daß das sich bildende basisch essigsaure Bleioxyd der Kohlensäure immer neue Flächen darbot. Die Kohlensäure wurde durch Verbrennen von Kohks gewonnen. Nachdem alles Bleioxyd in Bleiweiß verwandelt war, wurde dieses gemahlen, geschlämmt, getrocknet und theils für sich, theils mit Oel angerieben in den Handel gebracht. Die Fabrik von Benson und Gossage soll während ihres Bestehens wöchentlich 800 Ctnr. Bleiweiß geliefert haben, sie ist indessen seit einigen Jahren außer Betrieb gesetzt.

Die Anwendung der gewöhnlichen Bleiglätte bietet für die Bleiweißfabrikation den Nachtheil, daß sie stets mehr oder weniger Eisenoxyd und Kupferoxyd enthält. Ersteres giebt dem Bleiweiß eine gelbliche Farbe, letzteres verursacht, daß der Bleiweiß-Oelanstrich an der Luft leicht gelb wird; der Kupferoxydgehalt wirkt dadurch noch schädlicher wie das Eisenoxyd. Aus diesem Grunde kann man nach Wöllner, der das Benson'sche Verfahren wieder aufgenommen hat, nur solche Glätte verwenden, der entweder durch Behandlung mit Ammoniak alles Kupfer entzogen ist, oder die wieder aus Blei dargestellt ist, welches aus Glätte abgeschieden ist. Nach Wöllner ist es zweckmäßig, die Behandlung der Glätte in rotirenden Cylindern vorzunehmen und dabei zugleich ein der Glätte gleiches Gewicht von gekörntem Blei zuzusetzen, wodurch das Verfahren dem von Wood u. A. ähnlich wird.

Ein anderes Verfahren wurde Button und Dyer patentirt. Es unterschied sich von dem Thenard's fast nur dadurch, daß statt des essigsauren Bleioxyds salpetersaures Bleioxyd angewandt wurde. Eine Lösung von neutralem salpetersaurem Bleioxyd wurde mit Bleiglätte in einem geräumigen Bottich durch Wasserdampf zum Sieden erhitzt und gleichzeitig wurde Kohlensäure in die Flüssigkeit geleitet, wodurch das basisch salpetersaure Bleioxyd in Bleiweiß und neutrales Salz umgewandelt wurde.

Im Jahre 1833 wurde von Torassa ein Patent genommen, welcher das Bleiweiß unmittelbar aus dem metallischen Blei, nur unter Mitwirkung von Wasser, Luft und Kohlensäure darstellen wollte. Zu diesem Zwecke wurde das Blei möglichst fein granulirt, die Granalien wurden in einem rotirenden Fasse einer möglichst heftigen Bewegung ausgesetzt, um sie durch ihre eigene Reibung in Pulver zu verwandeln; der Bleistaub sollte durch den Sauerstoff der Luft sich freiwillig oxydiren und durch den Kohlensäuregehalt der Luft in kohlensaures Oxyd verwandelt werden. Es bildete sich eine Gesellschaft, um dieses Verfahren auszubeuten, sie löste sich aber wieder auf, nachdem sie ein Capital von 100,000 Pfd. Sterl. dabei eingebüßt hatte.

Vor längerer Zeit ist von Pallu und Delaunay Bleiweiß mit Hülfe der Kohlensäure der Luft fabricirt und damit täglich 10 bis 12 Centner Verkaufswaare gewonnen worden. Geschmolzenes Blei wurde durch ein Sieb in Wasser gegossen und dadurch sehr feine Granalien gewonnen. Diese wurden auf langen schiefen Ebenen ausgebreitet und mit Essigsäure befeuchtet. Nach etwa einer Stunde war das Blei mit essigsaurem und kohlensaurem Bleioxyd bedeckt. Man ließ dann oben auf die schiefe Ebene eine Lösung von Bleizucker fließen, wobei die Granalien mit Spateln und Krücken bewegt wurden. Die Flüssigkeit löste das krystallisirte essigsaure Blei und führte das gebildete Bleiweiß fort, um es in einer Kufe abzulagern. Die davon abgezogene klare Bleizuckerlösung wurde auf eine ebensolche zweite schiefe Ebene gepumpt u. s. f. Nach Verlauf einer Stunde war auf jeder Ebene eine genügende Menge Bleiweiß gebildet, um es fortwaschen zu können.

Diese Methode, so rationell sie auch erscheint, bietet doch in der Ausführung manche Schwierigkeit. Nimmt man die Bleizuckerlösung zu concentrirt, so erstarrt sie manchmal mit dem darin suspendirten Bleiweiß plötzlich zu einem Magma, welches manchmal die Härte des erstarrten Cements erreicht und mit Hacke und Beil nur schwierig zu zerkleinern ist. Außerdem war das Verfahren für die Gesundheit der Arbeiter, welche stets mit den Händen die Bleilösungen zu berüh-

ren hatten, so nachtheilig, daß die Ausbeutung schon aus diesem Grunde bald wieder eingestellt werden mußte.

Ein anderes ähnliches Verfahren wurde im Jahre 1834 Walker Wood und im Jahre 1847 M'Cannel patentirt. Er construirte einen außen sechs- oder achtseitigen, innen cylinderförmigen Behälter von Blei von 6 1/2 Fuß Länge und 15 Zoll Durchmesser, dessen Seitenwände eine Stärke von 3 Zoll haben. Diese Trommel ist in einem Gestell von Eisenstangen eingeschlossen und kann durch Maschinerie um ihre Achse gedreht werden. Am oberen langen Theil ist eine Oeffnung, wie das Spundloch eines Fasses angebracht, durch welche granulirtes Blei und Wasser im Verhältniß von 200 Pfd. von ersterem auf 60 Pfd. von letzterem in die Trommel gebracht werden. Der Zapfen, um welchen der Apparat sich dreht, ist hohl und durch ihn geht ein Rohr, welches in der Mitte der Trommel endet. Sobald die Materialien, die Bleigranalien und das Wasser eingefüllt sind, setzt man den Apparat in Bewegung und läßt ihn 45 bis 50 Umdrehungen pro Minute machen; dieses wird 5 Stunden lang fortgesetzt, wodurch ungefähr zwei Drittel des Bleies in ein zartes Metallpulver verwandelt werden. Oeffnet man nun das Spundloch, so wird das feinvertheilte Blei in Berührung mit der Luft sich äußerst schnell oxydiren und sich in Bleioxydhydrat verwandeln. Sobald dieses geschehen ist, leitet man durch den Zapfen Kohlensäure ein, die sich sofort mit dem Bleioxydhydrat verbindet.

Das Gemenge wird dann aus der Trommel in einen darunter befindlichen Bottich geworfen und mit Wasser angerührt, wodurch das metallische Blei sich zu Boden senkt und das Bleiweiß sich allmälig davon trennt. Um die kleinsten Theile des Metalls möglichst vollständig abzuscheiden, pflegt man das Bleiweiß in einem Bottich, der in geringen Abständen über einander mit Löchern durchbohrt ist, zu schlämmen. Oeffnet man beim Ablassen des Schlämmguts den obersten Zapfen, so erhält man das reinste Weiß, während man durch die tiefer liegenden Löcher stets ein mehr Metall haltendes Präparat erlangt. Der Farbbrei wird auf Zeugfilter geworfen, gelinde gepreßt und in Trockenräumen entwässert. Um die Oxydation des Bleipulvers zu befördern, soll man nach Angabe der Patentträger auf je 200 Pfd. Blei 1 1/2 Pfd. Salpetersäure oder eine entsprechende Menge einer Lösung von salpetersaurem Bleioxyd zusetzen. Die Vortheile dieser Methode sollen in größerer Einfachheit der Operationen, höherer Ausbeute, Ersparung an Handarbeit und geringerem Verlust bestehen.

Fast ganz dieselbe Methode ist neuerdings von Grüneberg wieder eingeführt worden. Das ursprüngliche Verfahren von Wood hat den Uebelstand, daß sich neben dem kohlensauren Bleioxyd stets eine geringe Menge von Superoxyd bildet, welches durch seine braune Farbe das Aussehen des Bleiweiß bedeutend beeinträchtigt. Es gelang jedoch durch Anwendung einiger Vorsichtsmaßregeln auch auf diese Weise ein gutes Präparat zu erzielen.

Grüneberg wendet horizontale sechsseitige Cylinder aus Thon an, in welchen er fein gekörntes Blei während steter Rotation dem Einfluß von Luft, Wasser, Kohlensäure und Essigsäure aussetzt. Die Luft tritt durch zwei Oeffnungen in den verticalen Böden der Cylinder ein, die Essigsäure und die Kohlensäure wird ebenso wie bei Wood durch die hohle Axe des Cylinders zugeführt. Die inneren Wände der Cylinder sind mit Längsrippen versehen, wodurch eine größere Reibung und Zerkleinerung der Bleitheilchen hervorgebracht wird. Durch die fortwährende Bewegung, durch das gegenseitige Abreiben der Bleitheilchen wird dem Einfluß der Luft und Kohlensäure eine außerordentlich große Oberfläche dargeboten und es findet daher im Wesentlichen derselbe Proceß Statt wie bei der holländischen Methode, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Reactionen weit rascher erfolgen und etwa nur den siebenten Theil der Zeit wie bei jenen erfordern.

Von Zeit zu Zeit wird das Bleiweiß mit dünner Bleizuckerlösung aus den Cylindern herausgespült und ist dann so zart und fein, daß es kein Schlämmen mehr erfordert. Die Anwendung von Essigsäure oder Bleizuckerlösung macht bei dieser Methode die Bildung von Bleisuperoxyd unmöglich, indem das Bleioxydhydrat im Moment seiner Entstehung von Essigsäure aufgenommen und in basisch essigsaures Blei verwandelt wird, ehe es Zeit hat, sich höher zu oxydiren.

Zur richtigen Ausführung dieses Processes sind gewisse Vorsichtsmaßregeln nicht außer Acht zu lassen. Grüneberg spricht sich darüber folgendermaßen aus:

Hauptsächlich muß Luft- und Kohlensäurezufluß während des Processes in gewissem geregelten Verhältniß stattfinden. Ein Ueberschuß von Kohlensäure erzeugt das nicht gewünschte neutrale kohlensaure Bleioxyd ($PbO.CO_2$); die Flüssigkeit in den Cylindern beginnt zu schäumen, und dieser Schaum hüllt die rotirenden Bleikörnchen der Art ein, daß sie der Einwirkung der Luft keine Oberfläche darbieten; der Oxydationsproceß stockt und die Ausbeute bleibt eine geringe.

Es muß die Verbindung $2(PbO.CO_2) + PbO.HO$ erzielt werden und zu diesem Behufe müssen die Cylinder stets in einem basischen Zustande erhalten werden. Man erkennt denselben leicht durch Prüfen des Inhalts mit Curcumapapier, welches gebräunt werden muß. Bei dieser Beschaffenheit läuft die gebildete Bleiweißmilch leicht von den Körnern ab und legt hierdurch die Oberfläche derselben der Einwirkung der Luft frei, die Oxydation wird ungestört erhalten.

Es darf nie so viel Kohlensäure hinzutreten, daß das gebildete basisch essigsaure Bleioxyd vollständig zerlegt würde, aber doch so viel, daß stets ein dem Oxydationsproceß entsprechendes Quantum Bleiweiß abgeschieden wird. Es ist nun nicht möglich, hierin eine genaue Grenze zu halten, doch thut man gut, stets einen gewissen Ueberschuß von Bleioxydhydrat anzustreben, welcher, wie erwähnt, nach dem Aussüßen des basisch essigsauren Bleioxyds leicht durch seine Reaction auf Curcumapapier zu entdecken ist. Dieser Ueberschuß von Bleioxydhydrat darf indeß nicht im Bleiweiß verbleiben, denn derselbe hat die eigenthümliche Eigenschaft, einen mit solchem Bleiweiß dargestellten Oelanstrich nach einigen Stunden gelb zu färben. Es bildet sich aus jenem $PbO.HO$ mit den Fettsäuren des Leinöls eine Bleiseife, welche jenen mißfarbigen Ton hat und nur durch längere Einwirkung des Sonnenlichts und der Kohlensäure der Luft

zerlegt, d. h. in kohlensaures Bleioxyd und sich abscheidende Fettsäuren verwandelt wird; hierdurch erhält dann freilich ein solcher Oelanstrich auch seine frühere Weiße wieder. Außerdem besitzt ein solches Bleiweiß, welches einen Ueberschuß von PbO.HO enthält, eine bedeutende specifische Schwere; es nähert sich, wie die Analyse ergab, der Zusammensetzung 3 (PbO.CO_2) + 2 (PbO.HO). Um diesen Ueberschuß von Bleioxydhydrat wieder auszugleichen, behandelt Grüneberg den erhaltenen Bleiweißschlamm mit Kohlensäure oder mit Essigsäure so lange, bis derselbe Curcumapapier nicht mehr bräunt; dann hat das Bleiweiß die Zusammensetzung (2 PbO.CO_2) + (PbO.HO), eine feste Verbindung, welche keine basischen Eigenschaften mehr zeigt.

Allerdings läßt sich diese Operation nicht in den Cylindern selbst vornehmen, sondern man spült stets das nach Rotation einiger Stunden erzeugte Bleiweiß mit dünner Bleizuckerlösung von dem gekörnten Blei ab und behandelt die erhaltene Bleiweißmilch im besonderen Bottich, wie angegeben, mit dünner Essigsäure oder mit einem Kohlensäurestrom. Der auf die eine oder andere Weise neutralisirte Bleiweißschlamm wird auf hohe Fässer gebracht und die Bleizuckerlösung durch Absetzen von dem festeren Schlamm getrennt, um aufs Neue bei dem Oxydationsproceß verwendet zu werden. Der Niederschlag wird mit vielem Wasser ausgewaschen und schließlich in einer Centrifugalmaschine von der größten Menge des eingeschlossenen Wassers befreit. Zur Ausführung dieser Operation wendet Grüneberg eine Centrifuge mit nicht durchlöcherter Trommel an, in welche Fächer in der Richtung des Radius auf die Seitenwände eingesetzt werden. Bei der Umdrehung der Maschine lagert sich das specifisch schwere Bleiweiß als fester Teig an den Seitenwänden der Trommel ab, während nach etwa 10 Minuten das klare Wasser über dem Niederschlage steht und leicht abgezapft werden kann.

Im Jahre 1841 nahm H. L. Pattinson ein Patent auf die Darstellung von Bleiweiß mittelst Chlorblei und doppelt kohlensaurer Magnesia. Die kohlensaure Magnesia wird dargestellt, indem gröblich gemahlener Dolomit — Doppelverbindung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia — zum schwachen Rothglühen erhitzt wird, wodurch die kohlensaure Magnesia vollständig, der kohlensaure Kalk aber kaum zersetzt wird. Dieses Pulver wird in Wasser suspendirt und so in einem Apparat, wie man ihn zur Fabrikation der künstlichen Mineralwässer benutzt, unter erhöhtem Druck mit Kohlensäure behandelt. Die Magnesia wird dadurch als Bicarbonat gelöst, während der kohlensaure Kalk, so lange noch Magnesia zugegen ist, ungelöst bleibt. Wenn keine Kohlensäure mehr absorbirt wird, zieht man die Lösung ab, diese hat dann 1,028 spec. Gew. und enthält 2,3 Proc. kohlensaure Magnesia. Man stellt sich dann eine kaltgesättigte Lösung von Chlorblei dar, die 1,008 spec. Gew. hat und 1 Th. Salz in 126 Th. Wasser gelöst enthält. Beide Lösungen werden möglichst rasch vermischt, mit der Vorsicht, daß die Magnesialösung stets im Ueberschuß bleibe. Die erforderlichen Mengen der Flüssigkeiten müssen durch einen Probeversuch ermittelt werden. Die Mischung geschieht, indem man beide Flüssigkeiten gleichzeitig aus zwei neben einander befindlichen Reservoirs in einen Bottich treten läßt, der im Boden ein Loch hat, durch welches die Flüssigkeit und der entstandene Niederschlag in eine darunter befindliche Cisterne fließt, worin sich nach kurzer Zeit das mit etwas Bleioxychlorid gemischte Bleiweiß absetzt. Um dieses Chlorblei zu entfernen, trocknet man das Bleiweiß, reibt es dann in einem Farbmahlwerk mit einer geringen Menge einer concentrirten Lösung von Aetznatron an und läßt es damit einige Tage stehen, worauf man das Chlornatrium durch Auswaschen entfernt. Das so gewonnene Präparat soll dem besten holländischen Weiß in Betreff der Farbe und der Deckkraft nicht nachstehen.

Tourmentin nahm im Jahre 1847 ein Patent auf die Darstellung des Bleiweiß aus Chlorblei. Das letztere wollte er fabriciren, indem er Bleiglätte, Kochsalz und Wasser zusammenrieb; das so dargestellte Bleioxychlorid wurde durch Kohlensäure zersetzt, wodurch Bleiweiß gefällt und neutrales Chlorblei abgeschieden wurde. Die Lösung des letzteren wurde durch Kochen mit Kreide ebenfalls in Bleiweiß verwandelt.

Richardson stellt Bleiweiß dar, indem er die bei dem Pattinson'schen Entsilberungsproceß abfallenden Bleikrystalle mit ungefähr 1 bis $1\frac{1}{2}$ Proc. ihres Gewichts an Essig, Salpetersäure, einer Lösung von Bleizucker oder salpetersaurem Bleioxyd befeuchtet und das Gemenge in dünnen Schichten in einer Kammer ausbreitet, in welche drei verschiedene Röhren münden, von denen die erste erwärmte Luft, die zweite Wasserdampf und die dritte endlich Kohlensäure zuleitet. Erhält man die Temperatur des Raumes auf 35°, so wird das Metall in 10 bis 12 Tagen fast vollständig in Bleiweiß verwandelt sein, welches nur noch von etwas eingeschlossenem Blei durch Schlämmen und Waschen getrennt zu werden braucht.

Disbrow Rodgers nahm 1849 ein Patent auf ein Verfahren, nach welchem Bleiplatten in einem Raume aufgehängt werden, in dem sich mit Holzessig gefüllte und durch Dampf erwärmte Gefäße befinden und in dem außerdem Zucker- und Malzlösungen in großen Behältern in Gährung versetzt werden.

Chenot theilte im Jahre 1853 der Pariser Akademie ein Verfahren mit, bei welchem nach seiner Ansicht die Bleiweißfabrikation außerordentlich vereinfacht wird. Es besteht im Wesentlichen darin, daß er Bleisalze mit anderen Metallen zusammenbringt, wodurch die Bleisalze zersetzt werden und das Blei sich in fein vertheilter Form ausscheidet. Dieses wird der Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt und verwandelt sich dann leicht in Bleiweiß. Reiner Bleiglanz wird durch vorsichtiges Rösten, wobei man die Temperatur aber nie bis zur Schmelzung der Masse steigert, in einem Flammofen in schwefelsaures Bleioxyd verwandelt. Dieses wird in einem passenden Gefäß, welches schwach saures Wasser enthält, mit Eisen oder Zink vermischt und gelinde erwärmt. Nach 10 bis 12 Tagen ist das Blei reducirt am Boden des Gefäßes abgelagert, während das andere Metall als schwefelsaures Salz in der darüberstehenden Lösung enthalten ist. Die Salzlösung wird durch De-

cantation entfernt und der Rückstand mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, um jede Spur Eisen oder Zink zu lösen. Diese Flüssigkeit dient dann bei einer nächsten Operation dazu, um die Reduction des schwefelsauren Bleioxyds zu befördern. Nachdem der Bleischwamm vollständig ausgewaschen ist, breitet man ihn in Schichten von $^1/_3$ bis $^2/_3$ Zoll Stärke an der Luft aus und überläßt ihn sich selbst und wird dann nach 2 bis 4 Wochen das metallische Blei in das vortrefflichste Bleiweiß verwandelt finden.

Bei den Methoden, welche auf einer freiwilligen Oxydation von fein vertheiltem Blei beruhen, kann man gewiß mit Vortheil sich der Centrifugalkraft bedienen, um das Metall auf den höchsten Grad der Feinheit zu bringen, wie dieses von v. Rostaing angegeben ist. Auf eine horizontale Metallplatte, welche durch eine Maschine in sehr rasche Umdrehung versetzt wird, läßt man aus einem Trichter das Metall fließen. Dieses wird durch die Centrifugalkraft fortgeschleudert, kühlt sich dabei ab und kann dann als feines Pulver gesammelt werden.

Fast alles Bleiweiß des Handels ist mit mehr oder weniger fremden Substanzen vermischt und unter diesen ist ein Zusatz von feingemahlenem und geschlämmtem Schwerspath, schwefelsaurem Baryt, am häufigsten. Dieses ist streng genommen als eine Verfälschung zu betrachten, doch hat eine lange Gewohnheit dieses Mittel geheiligt und Jeder weiß, daß die Sorten Bleiweiß, welche für billigen Preis zu haben sind, nicht unvermischt sein können. Je nach der Quantität des Zusatzes belegt man das Product mit verschiedenen Namen. Kremser-Weiß ist reines unvermischtes Bleiweiß, es kommt entweder in Stücken oder in Hutform, ähnlich wie kleine Zuckerhüte, in den Handel, diese sind sehr hart, lassen sich schwer zerbrechen und haben einen fast muschligen Bruch; das gepulverte Kremser-Weiß muß sich ohne Rückstand in verdünnter Salpetersäure lösen. Venetianisches Weiß besteht aus gleichen Theilen Schwerspath und Bleiweiß; Hamburger Weiß aus zwei Drittel Schwerspath und einem Drittel Bleiweiß; endlich Holländisches Weiß enthält bis zu 75 Proc. schwefelsauren Baryt. Manche Fabrikanten vermischen ihr Bleiweiß, wenn dieses, wie es manchmal geschieht, einen gelblichen Ton annimmt, mit einer geringen Menge Berlinerblau, Indigo oder Kienruß, wodurch die gelbliche Farbe gemildert wird.

Die Zusammensetzung des reinen Bleiweiß entspricht im Allgemeinen der Formel $2\,(PbO\,.\,CO_2) + PbO\,.\,HO$, und diese verlangt der Rechnung nach folgende Zusammensetzung:

3 Aeq. Bleioxyd	335,1	86,34
2 „ Kohlensäure	44,0	11,34
1 „ Wasser	9,0	2,32
1 Aeq. basisch-kohlens. Bleioxyd	388,1	100,00

Die folgenden Analysen zeigen aber, daß diese Zahlen nie genau mit der procentischen Zusammensetzung des gewöhnlichen Bleiweiß übereinstimmen; es scheint demnach das Bleiweiß ein Gemenge von neutralem kohlensaurem Bleioxyd mit basisch kohlensaurem Bleioxyd zu sein, in dem der Gehalt an ersterem mehr oder weniger von Zufälligkeiten bedingt ist. Diese Ansicht wurde von Hochstetter aufgestellt, von dem die größte Zahl der folgenden Analysen ausgeführt ist. Mulder analysirte ebenfalls eine große Zahl verschiedener Sorten Bleiweiß und glaubte daraus den Schluß ziehen zu müssen, das käufliche Product sei stets eine bestimmte Verbindung, welche einer der vier folgenden Formeln entspräche:

$$2\,(PbO\,.\,CO_2) + PbO\,.\,HO,$$
$$5\,(PbO\,.\,CO_2) + 2\,PbO\,.\,HO,$$
$$3\,(PbO\,.\,CO_2) + PbO\,.\,HO,$$
$$4\,(PbO\,.\,CO_2) + PbO\,.\,HO.$$

Analysen verschiedener Sorten von Bleiweiß:

<table>
<tr><th></th><th>1.</th><th>2.</th><th>3.</th><th>4.</th><th>5.</th><th>6.</th><th>7.</th><th>8.</th><th>9.</th><th>10.</th><th>11.</th><th>12.</th><th>13.</th></tr>
<tr><td>Bleioxyd ......</td><td>83,77</td><td>85,93</td><td>86,40</td><td>86,25</td><td>84,42</td><td>86,72</td><td>86,5</td><td>86,34</td><td>87,58</td><td>85,08</td><td>80,49</td><td>33,01</td><td>13,37</td></tr>
<tr><td>Wasser ......</td><td>1,01</td><td>2,01</td><td>2,13</td><td>2,21</td><td>1,36</td><td>2,00</td><td>2,2</td><td>2,32</td><td>3,52</td><td>1,46</td><td rowspan="2">19,42</td><td>1,85</td><td rowspan="2">4,12</td></tr>
<tr><td>Kohlensäure ....</td><td>15,06</td><td>11,89</td><td>11,53</td><td>11,37</td><td>14,45</td><td>11,28</td><td>11,3</td><td>11,34</td><td>9,36</td><td>12,60</td><td>4,45</td></tr>
<tr><td>Schwerspath ...</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>60,75</td><td>83,39</td></tr>
<tr><td></td><td>99,84</td><td>99,83</td><td>100,06</td><td>99,83</td><td>100,23</td><td>100,00</td><td>100,0</td><td>100,00</td><td>100,46</td><td>99,14</td><td>99,91</td><td>100,06</td><td>100,88</td></tr>
</table>

1) bis 5) nach Hochstetter. 1) Kremser-Weiß. 2) Gefälltes Bleiweiß aus Magdeburg. 3) Harzer Bleiweiß. 4) Kremser-Weiß. 5) Bleiweiß nach dem holländischen Verfahren von Hochstetter selbst bereitet. 6) und 7) nach Link. 6) Offenbacher Bleiweiß. 7) Kremser-Weiß aus Klagenfurth. 8) Nach Grüneberg, nach dessen Methode dargestellt. 9) bis 13) Aus der Fabrik am Scheerenberge bei Osterode nach Streng.

Zur Bestimmung des Wassergehalts und der Kohlensäure im Bleiweiß bedient man sich zweckmäßig des Apparats zur organischen Elementaranalyse. Das Bleiweiß wird in einem Porzellanschiffchen abgewogen, dieses bringt man in ein kurzes, am einen Ende zu einer Spitze ausgezogenes böhmisches Glasrohr, befestigt am anderen Ende mittelst eines luftdicht schließenden Korkes ein gewogenes Chlorcalciumrohr und verbindet dieses mit einem gewogenen Liebig'schen Kaliapparat. Das Rohr wird in einem kleinen Ofen zum Glühen erhitzt und dieses so lange unterhalten, bis die Kalilauge im Kugelapparat zurücksteigt, dann bringt man das zur Spitze ausgezogene Ende durch ein Kautschukrohr mit einem kleinen Gashalter in Verbindung, aus welchem trockne und kohlensäurefreie Luft durch den Apparat getrieben wird, um alle noch im Rohr befindliche Kohlensäure in den Kaliapparat zu bringen. Läßt man dann erkalten und wägt das Porzellanschiffchen, das Chlorcalciumrohr und den Kaliapparat, so erhält man die Menge des Bleioxyds, des Wassers und der Kohlensäure. Weichen deren Werthe von obigen Analysen ab, so hat man auf weitere Beimischungen zu forschen. Diese können sein:

a) Feuchtigkeit; der Wassergehalt wird dann zu hoch ausfallen, man bestimmt ihre Quantität durch

Trocknen bei 100°, wobei das gebundene Wasser nicht entweicht.

b) Schwefelsaurer Baryt, schwefelsaurer Kalk, schwefelsaures Bleioxyd, Sand; sie bleiben bei der Behandlung mit verdünnter Salpetersäure zurück. Sand kann mit dem bloßen Auge erkannt werden, er wird auf einem kleinen Filter gesammelt, gewaschen, getrocknet und gewogen. Bleibt ein weißer Rückstand, so kann er die drei übrigen Bestandtheile enthalten. Man prüft ihn in der Reductionsflamme des Löthrohrs auf Kohle; scheidet sich dabei ein Kügelchen von metallischem Blei aus, so ist schwefelsaures Bleioxyd zugegen. Der Niederschlag wird sich entweder ganz oder theilweise lösen, wenn man ihn mit einer alkalischen Lösung von weinsaurem Ammoniak behandelt; bleibt dabei ein Rückstand, so ist entweder schwefelsaurer Kalk oder schwefelsaurer Baryt zugegen. Den ersteren erkennt man, wenn man den Rückstand mit einer großen Menge Wasser unter Zusatz von Salzsäure kocht, er löst sich darin auf und fällt, wenn man die Lösung mit Ammoniak neutralisirt und oxalsaures Ammoniak hinzugiebt, als oxalsaurer Kalk nieder. Gewöhnlich besteht der ganze Rückstand aus schwefelsaurem Baryt und man braucht seine Menge nur durch Filtration, Waschen, Glühen und Wägen zu bestimmen, nachdem man sich von der Abwesenheit der übrigen Stoffe überzeugt hat.

c) Kohlensaurer Baryt (Witherit) oder kohlensaurer Kalk (Kreide); sie lösen sich mit dem Bleiweiß in Salpetersäure. Man präcipitirt das Blei durch Schwefelwasserstoff als Schwefelblei, vermischt nach der Filtration die sehr verdünnte saure Lösung mit Schwefelsäure, wodurch schwefelsaurer Baryt gefällt wird, filtrirt diesen ab und bestimmt seine Quantität; aus dem Filtrat fällt man den Kalk nach der Neutralisation mit oxalsaurem Ammoniak und verwandelt den oxalsauren Kalk durch gelindes Glühen in kohlensauren Kalk.

Salpetersaures Bleioxyd, $PbO . NO_5$. Man erhält es durch Lösen von Bleiglätte in verdünnter Salpetersäure, wobei gewöhnlich, wenn die Säure nicht sehr schwach ist, ein Theil des Salzes sich schon ausscheidet. Sobald die Säure das Bleioxyd nicht mehr löst, erhitzt man in einem bleiernen Kessel zum Sieden und gießt die klare Lauge in Krystallisationsgefäße von scharf gebranntem Steingut. Nach 24 Stunden ist eine reichliche Krystallisation erfolgt, man gießt die Mutterlauge ab und verdunstet diese von Neuem. Man kann die Mutterlauge fast bis zum letzten Tropfen verarbeiten, da ein geringer Gehalt von salpetersaurem Kupferoxyd, wodurch die Lauge bei Anwendung kupferhaltiger Glätte grün gefärbt erscheint, durch Abwaschen oder durch einmalige Umkrystallisation zu entfernen ist. Das salpetersaure Bleioxyd krystallisirt sehr leicht und liefert ausnehmend schöne regelmäßige Krystalle, die entweder scharfe Oktaeder oder Oktaeder mit Würfelflächen sind. Im ersteren Falle ist das Salz gewöhnlich wasserhell, im letzteren Falle dagegen undurchsichtig. Es löst sich in 2 Th. heißem Wasser, in verdünnter Salpetersäure ist es schwer löslich, in concentrirter Salpetersäure ganz unlöslich. Metallisches Blei kann daher nicht in concentrirter Salpetersäure gelöst werden. Es existiren eine Reihe von basischen salpetersauren Bleisalzen, die in technischer Beziehung aber kein Interesse bieten. Das neutrale salpetersaure Bleioxyd findet vielfach Verwendung in der Färberei und beim Zeugdruck.

Phosphorsaures Bleioxyd. Kommt in der Natur unter dem Namen Grünbleierz oder Pyromorphit an einzelnen Orten vor, so namentlich in Cornwallis und zu Leadhill und Wanlockhead in Schottland. Es krystallisirt in sechsseitigen Prismen, die manchmal farblos, gewöhnlich aber grüngelb gefärbt sind. Vor dem Löthrohr schmilzt es zu einer Perle, welche beim Erkalten krystallisirt und braun wird; in der Reductionsflamme wird metallisches Blei oder Phosphorblei abgeschieden. Sein specifisches Gewicht ist 6,5 bis 7,0. Es enthält stets mehr oder weniger Chlorblei, wie zuerst von Wöhler nachgewiesen wurde, außerdem ist häufig ein Theil der Phosphorsäure durch Arsensäure vertreten. Seine Zusammensetzung geht aus folgenden Analysen hervor:

	Aus Böhmen.	Aus Cornwall.
	Nach Karsten.	
Phosphorsaures Bleioxyd	89,268	89,110
Chlorblei	9,918	10,074
Phosphorsaurer Kalk	0,771	0,682
Fluorcalcium	0,137	0,130
	100,000	100,000

	Von Tschopau nach Wöhler.
Bleioxyd	82,29
Phosphorsäure	15,73
Chlor	1,98
	100,00

Künstlich lassen sich zwei Verbindungen der gewöhnlichen Phosphorsäure mit dem Bleioxyd darstellen, sie sind:

$$3\,PbO . PO_5,$$
$$2\,PbO . HO . PO_5.$$

Die erstere entsteht, wenn man essigsaures Bleioxyd mit phosphorsaurem Natron im Ueberschuß vermischt und einige Zeit digeriren läßt. Das Filtrat enthält freie Essigsäure, weil 3 Aeq. Essigsäure an der Zersetzung theilnehmen, von denen aber nur 2 Aeq. im phosphorsauren Natron Basen finden:

$$\underbrace{3\,(PbO . C_4H_3O_3)}_{\text{Essigsaures Bleioxyd.}} + \underbrace{2\,NaO . HO . PO_5}_{\text{Phosphorsaures Natron.}} = \underbrace{3\,PbO . PO_5}_{\text{Phosphors. Bleioxyd.}} + \underbrace{HO . C_4H_3O_3}_{\text{Essigsäure.}}$$

Die zweite Verbindung entsteht, wenn eine siedende Lösung von salpetersaurem Bleioxyd mit Phosphorsäure vermischt wird:

$$\underbrace{2(PbO . NO_5)}_{\text{Salpetersaures Bleioxyd.}} + \underbrace{3HO . PO_5}_{\text{Phosphorsäure.}} = \underbrace{2PbO . HO . PO_5}_{\text{Phosphorsaures Bleioxyd.}} + \underbrace{2(HO . NO_5)}_{\text{Salpetersäure.}}$$

Beide Verbindungen sind weiße, in Wasser unlösliche Niederschläge, die von starken Säuren leicht auf-

genommen werden, in Essigsäure aber unlöslich sind. Sie lösen sich in überschüssig zugesetzten Alkalien.

Das 3 Aeq. Bleioxyd haltende Salz verbindet sich mit verschiedenen anderen Salzen, so namentlich mit salpetersaurem Bleioxyd, mit Chlorblei und mit Bleioxychlorid. Das Grünbleierz ist daher richtiger als eine solche Verbindung zu betrachten, seine Zusammensetzung entspricht der Formel $3\,(3\,PbO\,.\,PO_5) + PbCl + HO$.

Schwefelsaures Bleioxyd, $PbO\,.\,SO_3$. Von den Mineralogen Bleivitriol genannt, begleitet den Bleispath und den Bleiglanz und scheint aus der Verwitterung des letzteren hervorgegangen zu sein. Seine Farbe ist manchmal weiß oder gelblich, gewöhnlich durch eine geringe Menge Kupfer grünlich gefärbt. Es krystallisirt in rhombischen Prismen, ist dem schwefelsauren Strontian, Cölestin, isomorph. Durchsichtig bis demantglänzend. Vor dem Löthrohr schmilzt es in der äußeren Flamme zu einer farblosen Perle, die beim Erkalten undurchsichtig wird; in der Reductionsflamme scheidet sich metallisches Blei aus und es verbreitet sich dabei der Geruch nach schwefliger Säure. Sein specifisches Gewicht beträgt nach Stromeyer 6,23 bis 6,30. Seine Zusammensetzung ergiebt sich aus folgenden Analysen nach Klaproth:

	Von Anglesea.	Von Wanlockhead.
Bleioxyd	71,0	70,50
Schwefelsäure	24,8	25,75
Wasser	2,0	2,25
Verlust	2,2	1,50
	100,0	100,00

Krystallisirt bildet sich das schwefelsaure Bleioxyd häufig in den letzten Kammern der Condensationsräume in den Schwefelsäurefabriken; hier waltet die salpetrige Säure bedeutend vor, sie oxydirt das Blei und es entsteht schwefelsaures Bleioxyd.

Das schwefelsaure Bleioxyd ist ein weißer Niederschlag, der beim Vermischen wäßriger Lösungen von Bleioxydsalzen mit Schwefelsäure oder schwefelsauren Salzen entsteht. Es ist in Wasser und Säuren unlöslich; nur concentrirte Schwefelsäure löst es in sehr geringer Menge, scheidet es aber beim Verdünnen mit Wasser wieder ab.

Von einer alkalischen Lösung von weinsaurem Ammoniak, auch von schwefelsaurem Ammoniak wird das schwefelsaure Bleioxyd aufgenommen und bildet damit Doppelsalze.

Als Nebenproduct gewinnt man das schwefelsaure Bleioxyd in großer Menge bei der Bereitung der essigsauren Thonerde und des essigsauren Eisenoxyds, die beide in der Färberei und beim Zeugdruck viel gebraucht werden. Man verwendet es theils als Zusatz zum Bleiweiß, wozu es sich aber nicht gut eignet, da es nur ein sehr geringes Deckvermögen hat, theils reducirt man es wieder, indem man es mit Bleiglanz zusammen einschmilzt, oder indem man es nach gelindem Auspressen zwischen zwei Zinkplatten legt und diese in mit etwas Schwefelsäure vermischtes Wasser taucht. Es reducirt sich schwammförmiges metallisches Blei und es bildet sich Zinkvitriol. Ersteres wird entweder zur Bleiweißfabrikation verwandt (vergl. S. 994), oder man schmilzt es zu einem vorzüglich reinen Blei ein.

Es sind außerdem noch manche andere Verwendungsarten des schwefelsauren Bleioxyds empfohlen worden.

Nach Bleyer soll man es mit Wasser und Gußeisenfeilspänen auf 70 bis 80° erwärmen, wobei es sich zu Eisenvitriol und metallischem Blei umsetzt. Nach Keßler digerirt man es mit Gaswasser, welches kohlensaures Ammoniak und Schwefelammonium enthält; letzteres entfernt man zuerst, indem man das Gaswasser mit einer geringen Menge von schwefelsaurem Bleioxyd behandelt, welche dann fast vollständig in Schwefelblei und schwefelsaures Ammoniak verwandelt wird; das schwefelfreie Wasser dient dann zur Zersetzung des übrigen Bleisalzes. Nach Schnedermann schmilzt man es unter Zusatz von Kreide, Kohle und Flußspath zu sehr reinem Blei ein. v. Seckendorff behandelt das schwefelsaure Blei mit Kochsalz und Salzsäure, wobei schwefelsaures Natron und Chlorblei entstehen, die durch Krystallisation getrennt werden; das Chlorblei wird durch Behandlung mit Gips wieder in schwefelsaures Bleioxyd verwandelt, so daß ein und dieselbe Menge des Bleisalzes dazu dienen kann, unendlich große Mengen der Schwefelsäure des Gipses auf Natron zu übertragen. Im Wesentlichen dasselbe Verfahren ist später von Köchlin empfohlen worden, jedoch mit dem Unterschiede, daß er das Chlorblei zu Metall reducirt. Nach Krafft soll man das schwefelsaure Blei mit essigsaurem Baryt zersetzen, wobei sich essigsaures Bleioxyd, Bleizucker und schwefelsaurer Baryt bildet. Nach Davy und Becquerel verwendet man das schwefelsaure Bleioxyd mit Zink in galvanischen Batterien. (Wagner's Jahresbericht 1858, 233; 1859, 249; 1860, 273.)

Vanadinsaures Bleioxyd. Kommt in der Natur in zwei seltenen Mineralien vor, das eine derselben ist der Dechenit, eine Verbindung von 1 Aeq. Bleioxyd mit 1 Aeq. Vanadinsäure, $PbO\,.\,VO_3$, das andere, der Vanadit oder das Vanadinbleierz, ist eine Verbindung von 3 Aeq. basisch-vanadinsaurem Bleioxyd mit 1 Aeq. Chlorblei, $3\,(3\,PbO\,.\,VO_3) + PbCl$. Ihre Zusammensetzung geht aus folgenden Analysen hervor:

	Dechenit nach Bergemann.	Vanadit von Zimapan nach Berzelius.
Bleioxyd	53,72	68,00
Vanadinsäure	46,10	21,34
Chlorblei	–	9,94
Eisenoxyd	—	0,72
	99,82	100,00

Molybdänsaures Bleioxyd, Gelbbleierz, Bleigelb. Ein Mineral, welches zur Darstellung der als Reagens so wichtigen Molybdänsäure dient. Es ist in neuerer Zeit namentlich zu Garmisch in Baiern gefunden, außerdem kommt es vor zu Bleiberg und Windischkappel, Berggießhübel, Rezbanya und Bodenweiler. Es bildet entweder erdige gelbe Massen, oder kleine gelbe prismatische Krystalle von folgender Zusammensetzung:

	Aus der Whetley Grube, Chester County, Pennsylvanien, nach J. L. Smith.	Von Bleiberg.		
		Klaproth.	Göbel.	Melley.
Bleioxyd	60,48	64,42	59,0	61,90
Molybdänsäure	38,68	34,25	40,5	40,29
	99,16	98,67	99,5	102,19

Antimonsaures Bleioxyd. Findet technische Verwendung als gelbe Farbe, die unter dem Namen Neapelgelb bekannt ist. Man stellt es nach Brunner dar, indem man 1 Th. chemisch reinen Brechweinstein innig mit 2 Th. salpetersaurem Bleioxyd und 4 Th. Kochsalz mischt, das Gemenge in einem hessischen Tiegel schmilzt und es zwei Stunden lang in mäßiger Rothgluth hält. Nach dem Erkalten wird die feste Masse vom Tiegel getrennt und mit Wasser ausgezogen, wobei das Kochsalz sich löst und das antimonsaure Bleioxyd sich zu einer feinpulvrigen Masse vertheilt. Dieses tritt aber nur ein, wenn man nicht zu stark geglüht hat, im entgegengesetzten Falle bleibt eine harte feste Masse zurück. Wohlfeiler, aber nicht so schön erhält man das Neapelgelb durch Mengen von 2 Th. einer aus gleichen Theilen Blei und Antimon gebildeten Legirung, oder auch gepulverter Buchdruckerlettern mit 3 Th. Salpeter und 4 Th. Kochsalz; die Mischung wird geglüht und dann gewaschen. Nach anderen Vorschriften bereitet man es, indem man 12 Th. Bleiweiß, 3 Th. antimonsaures Kali (Antimonium diaphoreticum), 1 Th. Salmiak, 1 Th. Alaun oder Potasche; oder 16 Th. graues Schwefelantimon, 24 Th. Blei, 1 Th. Kochsalz, 1 Th. Salmiak zuerst gelinde, dann einige Stunden lang stärker an der Luft glüht und den Rückstand auswäscht. (Gmelin 3, S. 161.)

Chromsaures Bleioxyd erhält man, indem man eine Lösung von neutralem chromsaurem Kali mit essigsaurem Bleioxyd zersetzt. Es scheidet sich dabei ein schön gelber Niederschlag aus, der neutrales chromsaures Bleioxyd, $PbO.CrO_3$, ist. Diese Verbindung zeichnet sich durch ihre schöne gelbe Farbe aus und hat eine ebenso vielseitige Anwendung wie das Bleiweiß gefunden; in kurzer Zeit verdrängte sie fast die sämmtlichen übrigen gelben Farbstoffe, da sie im höchsten Grade das Deckvermögen besitzt und sich mit anderen Farbstoffen zu jeder Nüance vermischen läßt. So erhält man durch Vermischen mit mehr oder weniger Schwerspath oder schwefelsaurem Bleioxyd die verschiedensten Variirungen vom feurigen Gelb bis zum hellsten Gelb, durch Zusatz von Berlinerblau die grünen Farbentöne und endlich durch Behandlung mit ätzenden Alkalien eine basische Verbindung, die eine schöne rothe Farbe hat; durch Vermischung dieser rothen Farbe mit Weiß lassen sich alle hellrothen Töne, durch Vermischen mit Gelb alle zwischen Roth, Orange, Morgenroth u. s. w. liegenden Farben herstellen.

Im Großen bereitet man das neutrale chromsaure Bleioxyd oder das Chromgelb, indem man entweder 1 Aeq. eines Bleioxydsalzes mit 1 Aeq. neutralem gelbem chromsaurem Kali oder 2 Aeq. eines Bleisalzes mit 1 Aeq. saurem rothem chromsaurem Kali zersetzt. Für die feinsten Sorten wählt man das essigsaure Bleioxyd und vermischt eine verdünnte Lösung von 100 Th. desselben mit 50 Th. einer ebenfalls verdünnten Lösung von gelbem chromsaurem Kali oder mit 40 Th. rothem chromsaurem Kali. Der gelbe Niederschlag setzt sich rasch ab und wird mit Wasser so lange gewaschen, als dieses noch lösliche Salze aufnimmt. Man sammelt die Farbe dann auf leinenen Tüchern, läßt den Rest des Wassers abtropfen und trocknet bei gelinder Wärme. Die trockene Masse schneidet man in längliche viereckige Stücke und bringt sie in dieser Form in den Handel. Billiger verfährt man, wenn man zur Darstellung schwefelsaures Bleioxyd oder Chlorblei anwendet; das erstere kann man von Kattundruckereien oder Färbereien billig beziehen, da es ein Nebenproduct bei der Darstellung der essigsauren Thonerde ist, welche in diesen Anstalten in großer Menge gebraucht wird. Je nach der Qualität der darzustellenden Farbe wendet man dann mehr oder weniger rothes chromsaures Kali auf eine gewisse Menge des Bleisalzes an, da bei einem Rückstand von unzersetztem schwefelsaurem Bleioxyd die Farbe heller ausfällt. Zur vollständigen Zersetzung von 100 Th. Chlorblei sind nach Anthon erforderlich 27 Th. rothes chromsaures Kali; zu 100 Th. schwefelsaurem Bleioxyd 25 Th. Bestimmte Vorschriften für die Darstellung gewisser Nüancen lassen sich nicht geben, sie bilden sich je nach der Quantität des zugesetzten chromsauren Kalis, wenn man mit schwefelsaurem Bleioxyd arbeitet, oder je nach der Menge der zum Verdünnen der Farbe benutzten weißen Körper, von denen man sich namentlich des Bleiweiß, des schwefelsauren Bleioxyds oder auch des Gipses bedient.

Basisch chromsaures Bleioxyd oder Chromroth stellt man dar, indem man das neutrale Salz entweder mit feingeschlämmter Bleiglätte digerirt, oder indem man es mit Kali, Natron oder mit Aetzkalk erwärmt. Dem neutralen Salz wird dadurch die Hälfte der Chromsäure entzogen, es bildet sich basisch chromsaures Bleioxyd, $2PbO.CrO_3$, und neutrales chromsaures Alkali, welches in Lösung geht und wieder auf Chromgelb verarbeitet werden kann. Die Quantität des anzuwendenden Alkalis richtet sich nach dem Ton der darzustellenden Farbe. Hochroth erhält man nach Anthon, wenn man auf 100 Th. reines Chromgelb 24 bis 30 Th. Kalihydrat anwendet. Man stellt sich das Kalihydrat dazu dar, indem man 1 Th. Potasche in 10 Th. Wasser löst und diese Flüssigkeit durch Zusatz von Aetzkalk in eine Lösung von Kalihydrat verwandelt, deren Gehalt man mittelst einer titrirten Säure bestimmt. Ebensogut und mit geringerem Kostenaufwand kann man sich statt des Aetzkalis des Aetznatrons bedienen, welches man auf dieselbe Weise darstellt und dabei nur statt der Potasche Soda anwendet. Bei der Bereitung des Chromroths hat man nur darauf zu achten, daß man nie einen Ueberschuß an Aetzlauge anwendet, da das chromsaure Bleioxyd im Kali löslich ist, wodurch man bedeutenden Verlust erleiden würde.

Ein außerordentlich schönes Chromroth erhält man nach Liebig und Wöhler's Vorschrift, indem man Salpeter in einem Tiegel schmilzt und in diesen fein gepulvertes Chromgelb einträgt, so lange noch ein Aufbrausen stattfindet. Der Salpeter darf aber nicht zu sehr erhitzt werden und höchstens schwache Rothgluth erreichen, weil sonst das Product seine schöne Farbe verliert. Die glühende Masse erscheint von schwarzer Farbe, weil das heiße Chromroth sehr dunkel ist; man gießt sie, so lange sie noch flüssig ist, auf einen reinen Stein aus und befreit nach dem Erkalten das basisch

chromsaure Bleioxyd durch Auswaschen von neutralem chromsaurem Kali.

Grüner Zinnober ist ein inniges Gemenge von Berlinerblau und Chromgelb, welche man in abwechselnden Verhältnissen in einer Farbmühle unter Zusatz von Wasser mischt und den Brei bei gelinder Wärme trocknet.

Ueber die fabrikmäßige Darstellung der Chromfarben sind von Habich folgende Mittheilungen veröffentlicht (Polyt. Journ. 140, 122).

Chromgelb. Die Chromgelb-Fabriken, denen es auf eine besondere Schönheit und eine genau voraus zu bestimmende Nüance ihrer Producte ankommt, werden stets darauf angewiesen sein, auflösliche Bleisalze anzuwenden. Es ist richtig, daß schwefelsaures Bleioxyd, welches man in den Kattunfabriken hier und da in wechselnden Mengen erhalten kann, ein etwas billigeres Chromgelb liefert. Allein weder die Nüance desselben ist stets dieselbe, noch genügt das Feuer dieser Farbe, um mit anderem Chromgelb den Vergleich auszuhalten. Zur Herstellung grüner Mengefarben (grüner Zinnober, Chromgrün ꝛc.) dagegen qualificirt sich ein solches Chromgelb ganz gut.

Wir werden uns zunächst mit der Herstellung einer Bleiauflösung zu befassen haben.

Dazu bedient man sich kleiner Holzbottiche von etwa $1\frac{1}{2}$ Fuß Höhe und 3 Fuß Durchmesser, die terrassenförmig geordnet sind, so daß man den Inhalt des einen durch einen am Boden angebrachten Hahn leicht in den nächstfolgenden tiefer stehenden Bottich ablassen kann. Durch diesen Apparat, den man bis auf 4 Bottiche ausdehnt, erreicht man also leicht, daß eine in den höchst stehenden Bottich gegossene Flüssigkeit bei offenen Hähnen die sämmtlichen tieferen Bottiche passiren kann und schließlich in einem entsprechend größeren Sammelbottich am Fuße der Terrassen anlangt.

Diese Bottiche nun werden mit gekörntem Blei gefüllt. Das Körnen des Bleies geschieht dadurch, daß man das in einem eisernen Topfe geschmolzene Blei mit einem Gießlöffel ausfüllt und in einem feinen Strahle in Wasser gießt, welches durch einen Besen in kreisförmiger Bewegung erhalten wird. Das Blei muß dadurch in möglichst dünne Lamellen verwandelt werden, was Sache der Uebung ist, — man muß die richtige Höhe, in welcher der Gießlöffel über dem Wasserspiegel gehalten werden muß, sowie die genügende Feinheit des Bleistrahles ausprobiren.

Sind die Bottiche sämmtlich mit Blei gefüllt, so werden die Hähne am Boden geschlossen und der oberste erhält eine Füllung von starkem Branntweinessig, der möglichst frei von Farbstoff, Extractivstoff, Gummi, Zucker ꝛc. ist. Nach einigen Minuten öffnet man den Hahn am Boden und läßt die Flüssigkeit in den zweiten, von da in den dritten und vierten Bottich ablaufen. Der Essig kommt im Sammelbottich an, ohne auf dieser ersten Rundreise erhebliche Bleimengen aufgenommen zu haben. Es soll auch durch diese Operation das Blei nur völlig benetzt und nur dadurch zur Oxydation geneigt gemacht werden. Den Eintritt dieser Oxydbildung erkennt man daran, daß sich die Bleiblättchen mit einem bläulich weißen Häutchen bedecken; — bis zu diesem Momente bleiben die Bottiche ohne Essigfüllung stehen, dann aber wird die Auflösung des Bleioxyds in folgender Weise eingeleitet. Der oberste Bottich erhält seine Essigladung und bleibt damit $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde in Berührung, worauf die Entleerung in den zweiten u. s. w. folgt, bis die gesättigte Bleilösung unten im Sammelbottich anlangt. Hat man die Oxydbildung genügend weit vorschreiten lassen, so enthält die Flüssigkeit im Sammelbottich basisch essigsaures Bleioxyd und bildet an der Luft durch Aufnahme von Kohlensäure alsbald eine weiße Decke von Bleiweiß. Für den Zweck der Chromgelbfabrikation wird diese Lauge mit so viel Essig versetzt, daß blaues Lackmuspapier darin sehr schwach geröthet wird, und dann zum Klären durch Absetzen in einen größeren Laugenbottich gebracht, wo sie stets in genügender Menge vorräthig gehalten wird.

In einem zweiten Laugenbottich hält man sich ebenso eine Auflösung von rothem chromsaurem Kali vorräthig, indem man 50 Pfd. dieses Salzes in etwa dem 10fachen Gewichte Wassers durch Erwärmen in einem kupfernen Kessel auflöst und dann im Laugenbottich mit so viel Wasser verdünnt, daß das Ganze den Raum von 1000 Pfunden Wasser einnimmt.

Um nun den Chromgelb-Niederschlag aus den beiden Laugen rasch und sauber herstellen zu können, bedarf man folgender Apparate: 1) einen Bottich von Kienholz, 4 Fuß tief und 4 Fuß weit, mit Zapflöchern in verschiedener Höhe; — 2) einen kleinen Bottich von Tannenholz, etwa 350 Pfd. Wasser Inhalt gewährend; mit Hahn am Boden; — 3) zwei Handeimer von je 25 Pfund Wasser Inhalt; — 4) eine graduirte Glasröhre; — 5) ein Filtrirfaß mit Filtrirsack und 6) Farbebretter mit aufrechtstehenden Leisten rundum.

Ehe man nun zum Werke schreiten kann, muß die von der sehr wechselnden Concentration des Essigs abhängige Concentration der Bleilauge festgestellt werden, indem man durch einen Versuch erforscht, wie viel Raumtheile Bleilauge erforderlich sind, um 10 gleich große Raumtheile Chromlauge ihres Chromsäuregehalts vollständig zu berauben, so daß dann die überstehende Flüssigkeit weder Bleioxyd noch Chromsäure enthält. Diese Probe ist einfach.

Man mißt mit der unter 4) erwähnten graduirten Glasröhre 10 Raumtheile unserer Auflösung von rothem chromsaurem Kali ab und bringt sie in ein etwas Wasser enthaltendes Glas, reinigt dann die Röhre und füllt sie bis zu einem beliebigen Theilstriche mit Bleilauge, von der man nun so lange in die Chromlauge tröpfelt, als sich noch ein Niederschlag bildet. Die verbrauchte Menge Bleilauge notirt man, sie entspricht dem Gehalte des dermaligen Vorraths von Bleilauge.

Um nun die verschiedenen Nüancen von Chromgelb herzustellen, bedient man sich verschiedener, von einander abweichender Methoden, die in dem chemischen Bestand der verschiedenen Chromgelbfarben begründet sind. Es ist nothwendig, sich dieselben völlig klar zu machen, um mit Erfolg operiren zu können.

Wenn man eine Bleiauflösung mit einer Auflösung von rothem (saurem) oder gelbem (neutralem) chromsaurem Kali fällt, so erhält man einen Niederschlag von

dunkelcitrongelber Nüance, der in beiden Fällen dieselbe Farbe und dieselbe chemische Zusammensetzung hat. Es ist neutrales chromsaures Bleioxyd, welches auf 112 Th. Bleioxyd 52 Th. Chromsäure enthält.

Eine andere Verbindung ist das sogenannte Chromroth (auf dessen Darstellung ich weiterhin zurückkomme); diese enthält nur halb so viel Chromsäure, d. h. auf 112 Bleioxyd nur 26 Chromsäure. Enthält eine Chromlauge freies Kali, so wird dadurch eine entsprechend größere Menge Bleioxyd ausgeschieden und dadurch eine Beimengung dieses Chromroths veranlaßt, wodurch dann die Farbe mehr ins Orange zieht. Ist man nun im Stande, die Menge dieser Beimengung genau zu beherrschen, so wird man dadurch auch jede zwischen dem dunkeln Citrongelb und dem Zinnoberroth des Chromroths liegende Nüance produciren können. Das Mittel bietet der Zusatz einer ätzenden Kalilauge (von bekannter Stärke) zum wohl ausgewaschenen Farbniederschlage.

Unendlich wichtiger noch sind zwei Doppelverbindungen von neutralem chromsaurem mit schwefelsaurem Bleioxyd, die den Formeln $PbO . CrO_3 + PbO . SO_3$ und $PbO . CrO_3 + 2 PbO . SO_3$ entsprechen.

Die erstere derselben bildet sich, wenn die Chromlauge mit der entsprechenden Menge Schwefelsäure versetzt und mit Bleilauge gefällt wird. Eine Chromlauge unserer Concentration enthält im Handeimer 0,86 Pfd. Chromsäure und bedarf also für dieses Quantum eines Zusatzes von 0,78 Pfd. englischer Schwefelsäure. Der so gebildete und abfiltrirte Niederschlag vergrößert sein Volum alsbald bedeutend und bildet nach dem Trocknen eine höchst lockere Farbe von ungemeiner Schönheit in hell citrongelber Nüance.

Die zweite Verbindung bildet sich, wenn der Schwefelsäure-Zusatz bis 1,46 Pfd. auf den Handeimer voll Chromlauge gesteigert wird. Sie zeigt dieses Aufquellen im feuchten Zustande nicht, sondern bildet nach dem Trocknen eine feurige, fast schwefelgelbe Farbe von glattem Bruche.

Die erstere dieser Verbindungen dient hauptsächlich zur Anfertigung der ordinären mit Schwerspath, Gips 2c. vermengten Chromgelbsorten und zeichnet sich durch große Deckkraft aus, während die zweite Farbe zur Herstellung brillanter Menggrüne (aus Berlinerblau und Chromgelb) besonders qualificirt ist.

Da die Nüancen beider Verbindungen so bedeutend auseinander liegen, so ist es klar, wie leicht man durch entsprechende Abänderung im Schwefelsäure-Zusatz jede beliebige Aenderung der Nüance zwischen Hellcitron und Schwefelgelb herbeiführen kann.

Auf einige Handgriffe, die für die Darstellung gewisser Chromgelbsorten von Wichtigkeit sind, muß ich hier noch hinweisen.

Die helle lockere Verbindung $PbO . CrO_3 + PbO . SO_3$ stellt man dar, indem man den Bottich bis zu $^2/_3$ mit Wasser füllt, dann die zur Zersetzung von 10 Handeimern Chromlauge (= $12^1/_2$ Pfd. saures chromsaures Kali) erforderliche Bleilauge hineinbringt, während dieses Quantum Chromlauge in dem kleinen Bottich 2) mit 7 Pfd. 27 Lth. Schwefelsäure versetzt, gut umgerührt und dann durch den geöffneten Hahn in dünnem Strahle in die gehörig umgerührte Bleiauflösung abgelassen wird. Man läßt die Farbe sich absetzen, zapft die überstehende (viel Essigsäure haltende) Lauge ab und wäscht die Farbe noch zweimal durch Umrühren mit Wasser aus, worauf man sie aufs Filter und von da gleich nach vollendetem Ablaufen des Wassers auf die Farbbretter bringt. Diese gesammte Operation des Auswaschens und Filtrirens muß möglichst rasch geschehen, damit das Aufquellen der Farbe nicht etwa auf dem Filter, sondern auf den Farbbrettern geschieht, — die auf dem Filter gequollene Farbe würde beim Aufklecksen auf die Trockenbretter wieder dichter werden und dadurch die den Handelswerth zum Theil bedingende Lockerheit mehr oder weniger einbüßen. Hat man aber überall die nöthige Eile beobachtet, hat man ferner den Farbbrei auf den Brettern so lange ruhig an einem möglichst kühlen Orte stehen lassen, bis das Aufquellen vollendet und der Farbbrei dadurch fest geworden ist, so kann man sich eines guten Erfolges versichert halten. Man schneidet die Masse dann mit einem dünnen Messingblech in große quadratische Stücke und stellt diese aufgekantet in die Sonne zum völligen Austrocknen. Die Kruste der Stücke enthält meistens etwas chromsaures Kali, welches beim Niederschlagen mechanisch mit zu Boden gerissen und bei dem beschleunigten Auswaschen nicht entfernt war. Dieser Salzgehalt giebt den Stücken ein unansehnliches Aeußere und muß durch Abbürsten (bei wohl verbundenen Nasenlöchern!) entfernt werden. Der abgebürstete Staub dient zu ordinären Sorten oder zu grünem Zinnober.

Die zweite Verbindung (von schwefelgelber Nüance) wird in derselben Weise, aber mit mehr Schwefelsäure ($14^3/_5$ Pfd. auf 10 Eimer Chromlauge) versetzt, niedergeschlagen, rasch ausgewaschen, filtrirt und dann schleunigst und so scharf als möglich gepreßt, in Stücke geschnitten und an einem luftigen Orte im Schatten getrocknet. — Beeilt man die Arbeit hierbei nicht, so passirt es leicht, daß eine geringe Beimengung der ersten, zum Aufquellen neigenden Verbindung (deren Entstehung doch nicht immer ganz zu hindern ist) durch eben dieses Aufquellen den hier im Handel verlangten glatten Bruch zerstört und eine schiefrige Absonderung herbeiführt.

Eine andere Farbe, deren Darstellung eng mit der Chromgelbfabrikation verbunden ist, soll hier gleich folgen. Es ist das

Chromroth. Dieses basisch chromsaure Bleioxyd in möglichst dunkler Waare herzustellen, ist weniger schwierig, als man allgemein glaubt.

Alle Chromrothe, von dem dunkelsten Zinnoberroth bis zur matten Mennigfarbe unterscheiden sich bloß durch die Größe der Krystalle, welche die Hauptmasse des krystallinischen Pulvers bildet, — ein Unterschied, der durch die einfachste mikroskopische Beobachtung zu constatiren ist. Zerreibt man Chromroth von der verschiedensten Dunkelheit zu gleichförmig feinem Pulver, so resultirt bei allen ein Product von gleicher Dunkelheit, — die brillante, mit dem Zinnober wetteifernde Farbentiefe ist verschwunden.

Will man also ein Chromroth von großer Farbentiefe bereiten, so hat man die Verbindungen zu erforschen,

welche der Krystallbildung am meisten Vorschub leisten. Unter ihnen steht bekanntlich oben an: Vermeidung jeder Störung durch Umrühren ꝛc.

Darauf hin habe ich folgendes Verfahren gestützt und bewährt gefunden.

Der Chromgelb-Niederschlag — natürlich ohne Schwefelsäure-Zusatz — gemacht und mit Wasser gut ausgewaschen. Nach Ablassen des letzten Wassers mißt man 6 bis 8 gleich große Portionen der wohl durch einander gerührten Farbmasse ab und bringt solche in neben einander gestellte Gläser von gleicher Größe und Glaswanddicke. Hier versetzt man diese Proben nun mit mannigfach variirenden Mengen einer ätzenden Kali- oder Natronlauge von etwa 20° B., d. h. man versetzt z. B. 5 Raumtheile des Farbschlammes mit 2 oder $2\frac{1}{2}$, oder 3, $3\frac{1}{2}$, 4, 5 u. s. w. Raumtheilen Aetzlauge, rührt dann rasch um, und läßt die chemische Zersetzung in der größten Ruhe vor sich gehen. Dann beobachtet man die Qualität des Products, — wo das dunkelste erhalten ist, da läßt man sich das Verhältniß zwischen Farbe und Aetzlauge als Norm dienen; man glaube ja nicht, daß man durch bedeutende Steigerung des Aetzlaugenzusatzes die Farbentiefe forciren könne. In einem großen Ueberschusse von Aetzlauge ist das Chromroth völlig löslich, und schießt daraus in nadelförmigen Krystallen an, wenn die Aetzlauge an der Luft Kohlensäure anzieht. Hat man einen Laugevorrath von bekanntem Gehalt, so braucht man diese Probe natürlich nur einmal für allemal zu machen.

In dem Farbebottich wird nun die Mischung aus Farbebrei und Aetzlauge nach dem empirisch gefundenen Verhältniß bewirkt, aber das Umrühren gleich eingestellt, sobald die Mischung geschehen ist. Man wird dann urplötzlich die Umsetzung der Bestandtheile, die Bildung der Farbe an der rasch hervortretenden Röthe wahrnehmen. Man läßt diesen Proceß ungehindert fortgehen, bis man nach etwa 12 Stunden zum Abzapfen der Lauge schreitet (die ein viel Chromlauge enthaltendes Alkali ist). Sorgfältiges Auswaschen mit sehr reinem Wasser ist nöthig, — man thut aber wohl, wenn man in den Bottich nur einmal unter leisem Umrühren auswäscht und die Beendigung dieser Operation auf dem Filter durch kleine Wasseraufgüsse vornimmt, weil dadurch weniger Reibung der Krystallpartikel an einander stattfindet und somit die Farbe dunkler bleibt.

Daß man an ein sehr dunkles, also sehr krystallinisches Chromroth bezüglich der Deckkraft keine großen Anforderungen machen darf, versteht sich wohl von selbst.

Grüne Mengefarben (grüner Zinnober, Chromgrün). Dieser aller Orten fleißig cultivirte Zweig der Farbenfabrikation bietet im Ganzen wenig Interessantes.

Mancher hat sich vielleicht schon damit herumgeplagt, aus Pariserblau und Chromgelb (ohne erdige Beimengungen) ein fein glattbrüchiges sogenanntes „Chromgrün“ herzustellen, ohne sein Ziel allzu häufig zu erreichen. Bedient man sich dabei des hellen glattbrechenden Chromgelbs und beeilt, nachdem die Mischung mit dem Pariserblau geschehen ist, das Pressen der Farbe, so wird man ein gutes Product zuwege bringen.

Außerdem kann man ein solches glattbrüchiges Chromgrün auch durch Beimengung von frisch gefälltem Thonerdehydrat herstellen. Zu dem Ende löst man (25 Pfd.) ganz eisenfreien Alaun mit heißem Wasser auf und zersetzt diese Lösung mit einer klaren Sodaauflösung. Den Niederschlag wässert man gut aus, schlämmt dann allenfalls noch (etwa 10 Pfd.) Alabaster hinzu und mengt ihn schließlich mit dem Niederschlage von 10 Eimern Chromlauge nebst dem beliebigen Quantum Pariserblau.

Für die Zinnoberfabrikation ist der Zusatz einer geringen Menge einer Indigocarminlösung wichtig. Die Farbe wird dadurch freilich etwas ins Bläuliche nüancirt, gewinnt aber ungemein an Feuer. Dieses Verfahren bietet wohl den besten Weg zur Herstellung eines recht brillanten sogenannten Seidengrün. In den Buntpapierfabriken hat man sich längst dieser Eigenschaft des Indigocarmins bedient, um Zinnoberaufstriche durch dünnes Ueberstreichen mit einer solchen Lösung zu lasiren und ihnen so ein auffallendes Feuer zu ertheilen. (Habich.)

Essigsaures Bleioxyd, Bleizucker, $PbO . C_4H_3O_3$ oder $\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\Pb\end{matrix}\right\} O_2$; krystallisirt $PbO . C_4H_3O_3 + 3HO$ oder $\left.\begin{matrix}C_4H_4O_2\\Pb\end{matrix}\right\} O_2 + 3HO$. — Das Bleioxyd verbindet sich mit der Essigsäure in verschiedenen Verhältnissen; die wichtigste dieser Verbindungen ist das neutrale essigsaure Bleioxyd, welches im Handel unter den oben erwähnten Namen bekannt ist. Es wird in großen Quantitäten in der Kattundruckerei und in der Färberei, zur Darstellung von anderen zu diesen Zwecken gebrauchten Substanzen und manchmal als Heilmittel angewandt.

Es kann durch Digestion von Bleioxyd (Glätte) mit Essig dargestellt werden, oder indem man dünne Bleiplatten in verschlossenen Räumen den Dämpfen der Essigsäure aussetzt. Die Platten werden zerfressen und es bildet sich eine Masse von essigsaurem und kohlensaurem Bleioxyd an ihrer Oberfläche, die abgeschabt und in einem geringen Ueberschuß von Essigsäure gelöst wird. Das Salz krystallisirt nach dem Verdampfen der Lösung in nadelartigen Massen. Die Krystalle sind bei gewöhnlicher Temperatur luftbeständig, sie verwittern aber bei einer Wärme von 20 bis 40° C. und werden nach und nach wasserfrei. Das wasserfreie essigsaure Bleioxyd ist in siedendem absolutem Alkohol löslich und wird daraus beim Abkühlen in hexagonalen Tafeln abgeschieden. Der Bleizucker hat einen süßen zusammenziehenden Geschmack, löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in $1\frac{1}{2}$ Th., beim Kochen in $\frac{1}{2}$ Th. Wasser. Das krystallisirte Salz schmilzt in seinem Krystallwasser bei 55° C. und erstarrt nach Austreibung des Wassers zu einer schuppigen Masse.

Bei höherer Temperatur schmilzt das wasserfreie Salz und liefert bei schwacher Glühhitze die Zersetzungsproducte der Essigsäure, vorzugsweise aber Aceton und Kohlensäure, während metallisches mit etwas Kohle gemengtes Blei im Zustande der höchsten Vertheilung und sehr pyrophorisch zurückbleibt.

Im Handel unterscheidet man zwei verschiedene Arten von Bleizucker, und zwar ihrer Farbe nach: braunen und weißen. Der braune ist durch organische, aus der rohen Essigsäure herstammende Substanzen gefärbt, die vielen seiner Anwendungen durchaus nicht schädlich sind. Die Anwendung von Holzsäure, die nur durch eine Destillation von dem größten Theil der Unreinigkeiten befreit ist, macht es möglich, dieses Präparat zu weit billigeren Preisen in den Handel zu bringen, als das weiße Salz.

Brauner Bleizucker. Die destillirte Holzsäure wird in einem Bottich mit Bleiglätte gesättigt und die trübe Lösung zum Klären in ein großes Gefäß gefüllt. Die festen Substanzen setzen sich rasch ab, worauf die klare Flüssigkeit in bleierne oder kupferne Pfannen von 6 Fuß Länge und 4 Fuß Breite gebracht wird. Man kocht das Liquidum hierin auf und läßt es sich von den während des Aufkochens abgeschiedenen Unreinigkeiten absetzen; dann füllt man es in eine halbrunde Pfanne und dampft es bis zum Krystallisationspunkt ab. Sobald die Lösung concentrirt genug geworden ist, daß sie beim Abkühlen krystallisiren würde, läßt man während des Siedens ungefähr ihr dreifaches Volum Wasser hineinlaufen und rührt dabei heftig um. Durch diese Behandlung wird ein großer Theil der Unreinigkeiten abgeschieden, die, sobald sie an die Oberfläche steigen, abgeschäumt werden; nach ihrer Entfernung verdampft man die Flüssigkeit von Neuem. Sollte sie noch zu stark gefärbt sein, so wiederholt man denselben Proceß. Der Arbeiter lernt leicht durch etwas Uebung, wann die Verdampfung beendigt werden muß. Die gewöhnliche Methode, sich von dem richtigen Concentrationspunkte zu überzeugen, besteht darin, daß man einen Löffel, der zum Abschöpfen des Theers benutzt wird, in die Flüssigkeit taucht und dann beobachtet, wie viel Tropfen abfließen, ehe die Lösung anfängt zu erstarren; die Flüssigkeit ist weit genug verdampft, wenn nicht mehr als 10 bis 12 Tropfen fallen. Man läßt sie dann in Pfannen von Kupferblech von 5 Fuß Länge, 3 Fuß Breite und 6 Zoll Tiefe, deren Seiten vom Boden aus gewölbt sind, krystallisiren. Nachdem die Krystalle fest genug geworden sind, läßt man die Mutterlauge abfließen und nimmt den Bleizucker heraus, indem man die Pfanne auf einem Tuche umkehrt.

Die Mutterlauge wird, so lange sie nicht zu sehr gefärbt ist, frischen Lösungen zugesetzt und liefert dann wieder neue Krystallisationen. Schließlich bildet sich aber eine syrupdicke, fast schwarze Mutterlauge, deren Dichte 60° B. entspricht; diese verkauft man gewöhnlich unter dem Namen Bleithran an chemische Fabriken, welche sie auf Essigsäure verarbeiten.

Bei der Darstellung des braunen Bleizuckers umgeht man auch häufig die Krystallisation ganz. Man dampft die Lösung dann so weit ein, daß sie beim Erkalten zu einer festen trocknen Masse gesteht, und bringt diese in Stücke zerschlagen in den Handel.

Weißer Bleizucker. Diese Sorte wird durch Auflösen von Bleiglätte in gereinigter Essigsäure dargestellt. Man füllt zu diesem Zwecke ein Gefäß halb mit Essigsäure an, fügt so viel Bleiglätte in kleinen Quantitäten hinzu, bis Lackmuspapier nur noch schwach geröthet wird, und versetzt die Flüssigkeit nach jedem Zusatze in heftige Bewegung. Wesentlich ist dabei, gleich von vornherein eine möglichst starke Essigsäure anzuwenden, da diese das Bleioxyd am leichtesten und vollständigsten löst, ohne basische Salze zu bilden. Zweckmäßig nimmt man Essigsäure von 1,600 spec. Gew., die 50 Proc. Säure enthält, wie man sie leicht bei der Destillation von essigsaurem Kalk mit Salzsäure gewinnen kann, erwärmt diese in einem kupfernen Kessel und trägt Bleiglätte ein, bis der Neutralisationspunkt erreicht ist. Dann macht man durch einen Zusatz von Essigsäure schwach sauer. In den Kessel legt man eine Bleiplatte, welche immer darin bleibt und die verhütet, daß die Essigsäure nicht lösend auf das Kupfer einwirkt. In den meisten Fällen wird die Lösung hinreichend stark sein, um sofort zu krystallisiren. Man kocht sie dann nur einmal auf, entfernt die etwa an die Oberfläche steigenden Unreinigkeiten, filtrirt, wenn nöthig, durch leinene Beutel, und läßt sie endlich in die Krystallisirgefäße. Sobald die Krystalle so fest geworden sind, daß man sie aus den Krystallisirgefäßen nehmen kann, läßt man die Mutterlauge aus ihnen abziehen und bringt sie auf hölzerne Börte im Trockenhause, wo sie, nachdem sie trocken geworden sind, von äußeren Unreinigkeiten gesäubert und zum Verkauf in Stücke zerbrochen werden.

Die Mutterlauge, welche neutrales und basisch essigsaures Bleioxyd enthält, kann entweder mit Essig versetzt, bis sie eine schwach saure Reaction angenommen hat, dann verdampft und zum zweiten Male krystallisirt werden, oder man zersetzt die Flüssigkeit mit kohlensaurem Natron oder Kalk und gebraucht den Niederschlag als kohlensaures Bleioxyd, das man bei neuen Operationen wieder in Essigsäure auflöst, und verwerthet die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit als essigsaures Natron oder essigsauren Kalk.

In den meisten Fällen wendet man zu der Darstellung dieses Salzes bleierne Gefäße an. In Wales, wo die Fabrikation im großartigsten Maßstabe betrieben wird, sind die zum Auflösen dienenden Pfannen von Blei, $^3/_4$ Zoll stark, 7 Fuß lang, $4^1/_2$ Fuß breit und 1 Fuß tief. Diese Pfannen stehen auf eisernen Platten, wodurch ein Durchschmelzen derselben verhindert wird; der Feuerraum ist außerhalb des Gebäudes angebracht, damit der Bleizucker nicht durch die Schwefeldämpfe der Kohlen gefärbt werde. Die Krystallisirgefäße sind hölzerne, mit Kupfer ausgeschlagene, 4 Fuß lange, 2 Fuß weite und 6 bis 8 Zoll tiefe Pfannen, deren Wände nach innen abgeschrägt sind. In Pitchcombe gebraucht man, sowohl zum Auflösen der Bleiglätte, als zum Krystallisiren, nur kupferne Gefäße, jedoch löthet man einen Streifen Blei über den Boden und an den Seiten herab, um das Metall mehr elektro-negativ zu machen, wodurch es der Einwirkung der Säure besser widersteht. Das Trocknen des Bleizuckers erfordert große Aufmerksamkeit, die Temperatur des Trockenhauses soll niemals 33° C. überschreiten. In Wales läßt man die erhitzte Luft eines außerhalb des Raumes befindlichen Ofens durch Röhren im Innern des Gebäudes circuliren; an anderen Orten gebraucht man Dampf zu diesem Zwecke, welches, da man die Regulation desselben mehr in seiner Gewalt hat, vorzuziehen ist.

Der folgende, zuerst von Berard vorgeschlagene Proceß ist leicht auszuführen und liefert nach Runge ein gutes Resultat auf eine sehr ökonomische Weise. Gekörntes Blei, die Rückstände von der Bleiweißfabrikation u. s. w., werden in mehrere Gefäße, z. B. acht, vertheilt und diese stufenförmig über einander gestellt, so daß die Flüssigkeit aus einem in das andere laufen kann. Das oberste wird mit Essigsäure gefüllt, diese wird nach $1/2$ Stunde in das zweite Gefäß gebracht, aus diesem nach $1/2$ Stunde in das dritte, vierte u. s. w., bis endlich in das achte. Die Säure veranlaßt das Blei, rasch, unter Wärmeentwicklung, Sauerstoff aus der Luft zu absorbiren, so daß, wenn die aus dem untersten Gefäße abgelaufene Säure zum zweiten Male wieder auf das obere gefüllt wird, dadurch das gebildete essigsaure Bleioxyd entfernt wird. Nachdem die Säure dann zum zweiten Male durch die ganze Reihe geflossen ist, ist die Lösung concentrirt genug, um gleich zum Krystallisiren verdampft zu werden.

Es mag hier am Orte sein, die Aufmerksamkeit auf ein Patent zu lenken, welches vor einigen Jahren zur Darstellung des Bleizuckers und anderer essigsauren Salze genommen wurde. Es besteht darin, daß man die Säure in Dampfform auf die Basen wirken läßt. Je nach der Ausdehnung der Fabrikation der essigsauren Salze schafft man einen größeren oder kleineren Apparat an, der aus einem Material construirt wird, welches nicht leicht von der Säure angegriffen wird. Der obere Theil des Gefäßes wird luftdicht durch einen Deckel verschlossen, der auf passende Weise befestigt ist. Im unteren Theile befindet sich entweder ein durchlöcherter falscher Boden, oder eine gewundene, vielfach durchbohrte Röhre zur gleichmäßigen Vertheilung des Dampfes. Um jeden Verlust an Säure zu verhüten, sind noch mehrere durchlöcherte Scheiben in verschiedenen Höhen befestigt, die sämmtlich, sowie der erste falsche Boden, mit einer Lage Glätte bedeckt werden. Nachdem der Apparat so gefüllt ist, befestigt man den Deckel und läßt die Essigsäuredämpfe entweder durch die gewundene Röhre oder zwischen dem Boden und der ersten durchlöcherten Scheibe eintreten. Zu diesem Zwecke wird in irgend einem Destillationsapparat starke oder schwache, reine oder unreine Essigsäure in Dampf verwandelt; dieser wird, indem er durch die zahlreichen falschen Böden passirt, durch das ganze Gefäß vertheilt, wobei sich seine Säure mit der ihr dargebotenen Base vereinigt und ein essigsaures Salz bildet, während die übrigen Wasserdämpfe durch Röhren aus dem oberen Deckel des Apparats entweichen, und da sie noch sehr heiß sind, zum Erwärmen und Abdampfen der Mutterlaugen dienen. Die Lösung des essigsauren Salzes trifft beim Heruntertropfen stets mit neuen Säuredämpfen zusammen und wird so vollkommen neutral. Die Destillation der Säure wird so lange fortgesetzt, bis die sich am Boden sammelnde Flüssigkeit concentrirt genug ist, um beim Abkühlen zu krystallisiren, wovon man sich leicht überzeugt, indem man eine geringe Quantität derselben durch einen im unteren Theile angebrachten Hahn aus dem Gefäße herausnimmt und diese rasch abkühlt; durch diesen Hahn wird dann die ganze Menge der Lösung abgelassen und zum Krystallisiren gebracht. Am Ende der Operation, wenn der größte Theil der Base mit Säure verbunden ist, entweicht ein Theil der Essigsäure mit den Wasserdämpfen, die aber, um jeden Verlust zu vermeiden, durch einen zweiten Apparat geleitet werden, worin sich ein großer Ueberschuß der Base befindet, so daß nicht die geringste Spur Essigsäure verflüchtigt, sondern in essigsaures Salz verwandelt wird. Da die Temperatur der Lösung nie die des Wasserdampfes übersteigen kann, so erhält man ein ausgezeichnet schönes Product.

Bestimmung des Bleies. Bei der Analyse bleihaltiger Substanzen verwandelt man das Blei entweder in Bleioxyd, schwefelsaures Bleioxyd, chromsaures Bleioxyd, Chlorblei oder Schwefelblei. In allen diesen Formen läßt es sich chemisch rein darstellen und von anderen Körpern trennen. Am sichersten ist es jedoch, es bei der Analyse entweder in Oxyd oder in schwefelsaures Salz überzuführen, nur in einzelnen besonderen Fällen ist die Bestimmung als Chlorblei oder Schwefelblei zweckmäßig.

Von den Verbindungen des Bleies sind die wenigsten in Wasser löslich, die meisten sind löslich in Salpetersäure. Legirungen vom Blei löst man immer in verdünnter Salpetersäure. In concentrirter Salpetersäure ist das salpetersaure Bleioxyd unlöslich, metallisches Blei und Bleilegirungen lösen sich daher nicht in concentrirter Säure, leicht aber, wenn man sie mit Wasser verdünnt. Das schwefelsaure Bleioxyd ist in Säuren unlöslich. Um dieses in Lösung zu bringen, schmilzt man am besten mit kohlensaurem Natron Kali im Platintiegel, wodurch es sich, ebenso wie die unlöslichen schwefelsauren Salze der alkalischen Erden, in kohlensaures Salz verwandelt. Bei der Behandlung der Schmelze mit Wasser bleibt kohlensaures Bleioxyd zurück, während schwefelsaures Alkali in Lösung geht; dieses wird rein ausgewaschen und dann das kohlensaure Bleioxyd in verdünnter Salpetersäure gelöst. Chromsaures Bleioxyd wird am zweckmäßigsten gelöst, indem man es mit Salzsäure erwärmt und Alkohol hinzufügt. Die Chromsäure wird in anderthalb Chlorchrom verwandelt, das Blei in Chlorblei. Hat man reines chromsaures Bleioxyd zu analysiren, so giebt man nach der Zersetzung mit Säure und Alkohol eine größere Menge Alkohol hinzu, worin das Chlorblei unlöslich ist, sammelt auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter, wäscht mit absolutem Alkohol, trocknet bei 100° und wägt das Chlorblei mit dem Filter.

Hat man das Blei zu trennen von den Alkalien, den alkalischen Erden, Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia, von den Erden Thonerde etc., von Chromoxyd, von den Metallen Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Zink, so verdünnt man die Lösung stark mit Wasser und leitet in der Kälte anhaltend Schwefelwasserstoff hinein. Es fällt Schwefelblei nieder, welches abfiltrirt, mit Schwefelwasserstoffwasser gewaschen und getrocknet wird. Das Schwefelblei wird in einem bedeckten Glase mit einigen Tropfen concentrirter Salpetersäure befeuchtet und dann rauchende Salpetersäure zugegeben. Nach beendigter Reaction spült man die Flüssigkeit mit dem ausgeschie-

denen schwefelsauren Bleioxyd in einen Porzellantiegel, verdampft zur Trockne, befeuchtet mit ein paar Tropfen concentrirter Schwefelsäure, erhitzt, bis alle Schwefelsäure verdampft ist, und wägt das schwefelsaure Bleioxyd.

Ist kein Baryt, Strontian oder Kalk zugegen, so kann man unmittelbar aus der Lösung das Blei durch Schwefelsäure fällen. Man läßt den Niederschlag absetzen, gießt zuerst die klare Flüssigkeit durch das Filter, spült dann den Niederschlag mit Wasser, dem man etwas Schwefelsäure zugesetzt hat, auf das Filter und wäscht mit Weingeist von etwa 80 Proc., worin das schwefelsaure Blei ganz unlöslich ist. Nach dem Trocknen trennt man den Niederschlag, soweit es möglich ist, vom Filter, verbrennt dieses im kleinen Porzellantiegel, oder in Platindraht eingewickelt, fügt die Filterasche zu dem trocknen Niederschlage und glüht. Nach dem Erkalten befeuchtet man mit verdünnter Salpetersäure, um Spuren von Blei oder Schwefelblei, welche durch Einwirkung der organischen Substanz beim Verbrennen entstanden sein können, wieder zu oxydiren, erwärmt, giebt einen Tropfen Schwefelsäure hinzu, läßt diese verdampfen, glüht und wägt das schwefelsaure Bleioxyd.

Die Bestimmung als schwefelsaures Bleioxyd ist scharf und exact, sobald keine Ammoniaksalze zugegen sind. Es ist in allen Ammoniaksalzen mehr oder weniger löslich, leicht löslich ist es in essigsaurem und weinsaurem Ammoniak; es wird ebenfalls von unterschwefligsauren Salzen gelöst. In reinem Wasser ist es sehr schwer löslich (nach **Fresenius** erfordert 1 Th. zu zu seiner Lösung 22800 Th. Wasser); in schwefelsäurehaltigem Wasser ist es fast unlöslich (1 Th. löst sich nur in 36800 Th.). Aus diesem Grunde wäscht man mit schwefelsäurehaltigem Wasser und zuletzt mit schwachem Weingeist, worin es ganz unlöslich ist.

Sind außer den obengenannten Verbindungen und Metallen auch die zugegen, welche durch Schwefelwasserstoff aus saurer Lösung gefällt, aber durch Schwefelammonium gelöst werden, also Arsen, Antimon, Zinn, Gold, Platin, so fällt man die verdünnte Lösung zuerst durch anhaltendes Einleiten von Schwefelwasserstoff, filtrirt durch ein bei 100° getrocknetes und gewogenes Filter, wäscht mit Schwefelwasserstoffwasser, trocknet den Niederschlag bei 100° und wägt. Einen gewogenen Theil des Niederschlages schmilzt man mit kohlensaurem Natron und Schwefel im Porzellantiegel, behandelt mit Wasser, worin sich die Sulfosalze der Schwefelmetalle lösen, während Schwefelblei zurückbleibt. Die Trennung der Schwefelmetalle ist bei **Antimon** S. 640 und **Arsen** S. 677 beschrieben. Das Schwefelblei wird durch Behandlung mit Salpetersäure und Schwefelsäure, wie oben angegeben, in schwefelsaures Bleioxyd übergeführt und als solches gewogen.

Aus der sauren Lösung werden neben Blei durch Schwefelwasserstoff gefällt: Silber, Quecksilber, Kupfer, Wismuth, Cadmium. Diese werden wie folgt getrennt:

Blei von Silber. Die salpetersaure Lösung wird stark mit siedendem Wasser verdünnt und das Silber als Chlorsilber gefällt. Der Niederschlag setzt sich rasch ab, worauf man die Flüssigkeit rasch durch ein kleines Filter von geringen Mengen des darin suspendirten Niederschlages trennt, das Uebrige durch Decantation mit siedendem Wasser wäscht und erst dann auf das Filter bringt. Bedeutende Verdünnung und sorgfältiges Waschen der Niederschläge mit siedendem Wasser ist erforderlich, weil sonst leicht dem Chlorsilber Chlorblei beigemischt bleibt. Das getrocknete Chlorsilber wird sorgfältig vom Filter getrennt, letzteres für sich verbrannt, dann das Chlorsilber in einem kleinen Porzellantiegel mit der Asche nur so weit erhitzt, bis es anfängt zusammenzusintern. Nach dem Erkalten befeuchtet man mit Salpetersäure, um reducirtes Silber zu lösen, fügt Salzsäure zu, läßt diese verdampfen und erhitzt dann das Chlorsilber zum Schmelzen. Die vom Chlorsilber abfiltrirte Flüssigkeit wird mit dem Waschwasser bedeutend concentrirt und dann das Blei als schwefelsaures Bleioxyd gefällt.

Oder man fällt Silber und Blei gemeinschaftlich durch kohlensaures Natron in verdünnter Lösung und erwärmt unter Zusatz von Cyankalium. Das kohlensaure Silberoxyd löst sich darin, kohlensaures Bleioxyd bleibt zurück. Letzteres kann aber nicht unmittelbar durch Glühen in Bleioxyd übergeführt werden, weil es Alkali enthält, es muß daher in wenig Salpetersäure gelöst und durch Schwefelsäure gefällt werden. Die vom kohlensauren Blei abfiltrirte Flüssigkeit wird mit Salpetersäure schwach angesäuert, wodurch Cyansilber gefällt wird. Dieses wird auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, bei 100° getrocknet und gewogen.

Handelt es sich um die Bestimmung sehr kleiner Mengen von Silber neben viel Blei, wie z. B. im Bleiglanz, im Werkblei, so treibt man am besten das Blei erst auf der Capelle ab, wie im Artikel **Silber** gezeigt werden wird.

Blei von Quecksilber. Hat man beide Metalle durch Schwefelwasserstoff gefällt, so übergießt man den Niederschlag nach dem Trocknen mit Salpetersäure, erwärmt und fügt tropfenweis Salzsäure zu, weil das Schwefelquecksilber in Salpetersäure unlöslich ist. Nach erfolgter Zersetzung des Schwefelniederschlages giebt man so viel kochendes Wasser zu, als erforderlich ist, um alles Chlorblei zu lösen, filtrirt von etwa abgeschiedenem Schwefel, fällt mit kohlensaurem Natron wie bei der Trennung von Silber und digerirt mit Cyankalium. Das kohlensaure Bleioxyd wird wie oben in schwefelsaures Salz verwandelt. Aus der cyankaliumhaltigen Lösung fällt man das Quecksilber durch Schwefelwasserstoff. Das Schwefelquecksilber wird auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, bei 100° getrocknet und gewogen.

Oder man kann aus der Lösung das Blei durch Schwefelsäure fällen und im Filtrat das Quecksilber durch Schwefelwasserstoff abscheiden und als Schwefelquecksilber bestimmen.

Blei von Kupfer. Die salpetersaure Lösung wird mit Schwefelsäure versetzt, das schwefelsaure Bleioxyd abgeschieden und im Filtrat das Kupfer bei Siedhitze durch Kali als Kupferoxyd gefällt. Dieses wird mit dem Filter im Porzellantiegel geglüht, mit Salpetersäure befeuchtet, eingetrocknet und möglichst stark geglüht.

Blei von Wismuth. Die concentrirte Lösung wird mit Schwefelsäure versetzt, die Flüssigkeit in einer Porzellanschale bis zum Verdampfen eines Theiles der

Schwefelsäure erhitzt und das schwefelsaure Bleioxyd nach dem Verdünnen mit kaltem Wasser abfiltrirt. Die Flüssigkeit wird zum Sieden erhitzt und das Wismuth durch kohlensaures Ammoniak als kohlensaures Wismuthoxyd gefällt. Dieses wird abfiltrirt, gewaschen, getrocknet, geglüht und als Wismuthoxyd gewogen.

Blei von Cadmium. Das Blei wird als schwefelsaures Blei gefällt. Im Filtrat fällt man das Cadmium siedend heiß durch kohlensaures Natron, wäscht und trocknet. Den Niederschlag trennt man sehr sorgfältig vom Filter, verbrennt dieses im Platindraht, schüttet die Asche in einen kleinen Porzellantiegel, befeuchtet mit Salpetersäure, läßt den Ueberschuß verdampfen, glüht und bringt erst dann den Niederschlag hinzu. Dieser wird im bedeckten Tiegel geglüht und dann gewogen. Bei starker Hitze kann leicht eine Spur vom Cadmiumoxyd verflüchtigt werden, man darf daher nicht länger glühen, als unbedingt zur Zersetzung des kohlensauren Salzes erforderlich ist.

Blei von Silber, Kupfer, Quecksilber, Wismuth, Cadmium. Die Lösung wird mit kohlensaurem Natron übersättigt und der Niederschlag mit Cyankalium digerirt. Es lösen sich Silber, Kupfer, Quecksilber, Cadmium; kohlensaures Blei und kohlensaures Wismuthoxyd bleiben ungelöst. Beide werden getrennt wie oben beschrieben ist. Durch Neutralisation der alkalischen Lösung mit Salpetersäure wird Cyansilber gefällt, welches als solches bestimmt wird. Die saure Lösung, welche noch Kupfer, Quecksilber, Cadmium enthält, wird mit kohlensaurem Natron neutralisirt, mit Cyankalium versetzt und Schwefelwasserstoff hineingeleitet. Nach vollendeter Abscheidung des Niederschlages läßt man die Flüssigkeit in gelinder Wärme stehen, bis der Ueberschuß an Schwefelwasserstoff verdunstet ist, fügt dann noch etwas Cyankalium hinzu und filtrirt nach kurzer Digestion den Niederschlag von Schwefelquecksilber und Schwefelcadmium ab. Die Lösung enthält Cyankupfer, diese wird mit dem Waschwasser unter Zusatz von Schwefelsäure verdampft, um das Cyankupfer zu zersetzen; sobald kein Geruch nach Blausäure mehr bemerkbar ist, fügt man zu der kochenden Flüssigkeit Kali und fällt das Kupfer als Oxyd, welches, wie oben beschrieben ist, gewogen wird. Der Niederschlag von Schwefelquecksilber und Schwefelcadmium wird in Königswasser gelöst, die Flüssigkeit möglichst sorgfältig mit kohlensaurem Natron neutralisirt und mit ameisensaurem Natron vermischt. Das Glas wird möglichst vor Staub geschützt und etwa eine Woche lang einer Temperatur von 50 bis 60° C. ausgesetzt, wobei das Quecksilberchlorid in unlösliches Quecksilberchlorür verwandelt wird. Die Reaction des ameisensauren Natrons geht sehr langsam vorwärts, aus diesem Grunde muß man so lange Zeit abwarten; wollte man sie durch Wärme beschleunigen, so würde neben dem Quecksilberchlorür auch metallisches Quecksilber gefällt werden, wodurch man unrichtige Resultate erhält. Das Quecksilberchlorür wird auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, bei 100° getrocknet und gewogen. Aus der vom Quecksilberniederschlage abfiltrirten Flüssigkeit wird endlich das Cadmium durch kohlensaures Natron gefällt und als Cadmiumoxyd gewogen, wie oben beschrieben ist.

Analyse von Bleiglanz und Hüttenproducten. 1) Im Bleiglanz läßt sich der Bleigehalt auf die Weise genau bestimmen, daß man denselben in feingepulvertem Zustande mit rauchender Salpetersäure in einer geräumigen Schale übergießt, wobei derselbe vollständig in schwefelsaures Bleioxyd übergeht, welches man zur Sicherheit mit einigen Tropfen Schwefelsäure benetzt, glüht und wägt. Enthielt der Bleiglanz Kupfer, Eisen, Silber und Zink, so findet man diese Metalle in der Lösung, welche entsteht, wenn man das schwefelsaure Bleioxyd vor dem Glühen mit Wasser vermischt und abfiltrirt. Antimon bleibt als antimonsaures Bleioxyd beim Behandeln mit Salpetersäure zurück und kann wie im metallischen Blei bestimmt werden.

Beim Behandeln mit schwächerer Salpetersäure bildet sich neben schwefelsaurem Bleioxyd unter Abscheidung von Schwefel auch salpetersaures Bleioxyd. Man filtrirt und erhitzt den getrockneten Rückstand, wobei unter Zurücklassung von schwefelsaurem Bleioxyd der Schwefel sich verflüchtigt. Aus dem Filtrat fällt man das Blei durch Schwefelsäure oder vollständiger nach dem Neutralisiren mit Alkali durch oxalsaures Ammoniak.

Sind im Bleiglanz Schwerspath und Quarz vorhanden, so bleiben diese beim schwefelsauren Bleioxyd zurück. Man zieht alsdann letzteres durch ein Gemisch von weinsaurem und überschüssigem Ammoniak aus und fällt das Blei aus dieser Lösung durch Schwefelammonium als Schwefelblei oder durch chromsaures Kali als chromsaures Bleioxyd aus. Auch verwandelt sich das schwefelsaure Bleioxyd durch Kochen mit einer Lösung von kohlensaurem Natron in kohlensaures Bleioxyd, welches nach dem Auswaschen in Salpetersäure löslich ist.

2) Bleisteine, welche im Wesentlichen aus Schwefeleisen und Schwefelblei bestehen, fast immer aber Kupfer, Silber, Zink und Antimon enthalten, werden nach Art der Fahlerze mit Chlorgas analysirt (S. 642).

3) Bleischlacken. Silicate von Kalkerde, Thonerde, Bleioxyd, Eisenoxydul und etwas Kupferoxyd, Talkerde und Manganoxyd, sind je nach ihrem Silicirungsgrad durch Säuren mehr oder weniger zu zersetzen, meist jedoch immer so unvollständig, daß eine unreine Kieselsäure zurückbleibt, welche man durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron aufschließen muß.

a) Von Säuren ziemlich vollständig zersetzbare Schlacken behandelt man in sehr feingepulvertem und bei 120° C. getrocknetem Zustande, und zwar $2\frac{1}{2}$ bis 3 Grm. in einem Becherglase mit concentrirter Salpetersäure, filtrirt dann das Gelöste vom Ungelösten nach dem Verdünnen mit Wasser ab, süßt gehörig aus und schmilzt den Rückstand nach dem Trocknen in einem Platintiegel mit dem $3\frac{1}{2}$fachen entwässerten kohlensauren Natron zusammen. Ein vorheriges Behandeln der Schlacke mit Salpetersäure ist nöthig, um den größten Theil des Bleioxyds auszuziehen, weil sonst beim Schmelzen mit kohlensaurem Natron der Platintiegel vom Blei allzusehr angegriffen werden würde.

Die geschmolzene Masse wird zu dem im Becherglase enthaltenen Gelösten gethan und durch die darin vorhandene freie Salpetersäure zersetzt, wodurch man

nur eine einzige Arbeit hat und Gelöstes und Ungelöstes nicht separat zu analysiren braucht. Man dampft ab und scheidet die Kieselerde auf gewöhnliche Weise ab. In dem dabei enthaltenen sauren Filtrat fällt man durch Schwefelwasserstoffgas Schwefelblei und Schwefelkupfer aus, filtrirt, wäscht mit schwefelwasserstoffgashaltigem Wasser aus, trocknet den Niederschlag und behandelt ihn mit Salpetersäure, wobei unlösliches schwefelsaures Bleioxyd und lösliches schwefelsaures Kupferoxyd entsteht. Ersteres wird mit Schwefelsäure zur Trockne gedampft, im getrockneten Zustande auf einem bei 120° C. getrockneten Filter gewogen und aus dem gefundenen Gewicht der Gehalt an Bleioxyd berechnet. Aus der kupferhaltigen Lösung wird das Kupferoxyd durch Aetzkali abgeschieden.

Zu dem von den Schwefelmetallen getrennten und eingedampften Filtrat, welches frei von Schwefelwasserstoffgas sein und das Eisen als Oxyd enthalten muß, setzt man Salmiak und dann Ammoniak in geringem Ueberschuß, worauf sich nach längerem Stehen in der Wärme Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd, nebst geringen Mengen von Kalk- und Talkerde, sowie die in Lösung gebliebene Kieselerde abscheiden. Man filtrirt und bestimmt in dem Filtrat die Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak und nach dem Filtriren im Filtrat die Talkerde durch phosphorsaures Natron und überschüssiges Ammoniak.

Der Rückstand, welcher die übrigen Metalloxyde, Erden und Kieselsäure enthält, wird in Salzsäure gelöst, zur Trockne verdampft, der Rückstand mit etwas Salzsäure befeuchtet, mit Wasser verdünnt, die Kieselerde abfiltrirt und dann mit der zuerst erhaltenen Menge bestimmt. Das Filtrat davon läßt man wieder, mit Salmiak und Ammoniak versetzt, einige Zeit in der Wärme stehen, wobei sich Eisenoxyd, Manganoxyd und Thonerde abscheiden, während die geringen Mengen von Kalkerde und Magnesia in Lösung bleiben, welche nach dem Filtriren der übrigen kalk- und talkerdehaltigen Lösung zugesetzt wird.

Der Niederschlag von Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd wird in Salzsäure gelöst, durch Aetzkali die Thonerde gefällt und ausgezogen, das dabei ungelöst bleibende Eisen- und Manganoxyd wieder in Salzsäure gelöst und durch essigsaures Ammoniak beide getrennt.

Sind die Bleischlacken nicht vollständig durch Säure aufschließbar, so bleibt meist so viel Bleioxyd im silicirten Zustande zurück, daß der Platintiegel stets mehr oder weniger angegriffen wird, was bei dem folgenden genaueren Verfahren nicht der Fall ist.

b) Von Säuren nicht oder wenig zersetzbare Bleischlacken werden nach Streng in feingepulvertem Zustande durch gasförmige Flußsäure auf die gewöhnliche Art aufgeschlossen, zur Zersetzung der Kieselfluorverbindungen mit Schwefelsäure behandelt, die gebildeten schwefelsauren Salze mit Wasser gekocht, wobei schwefelsaures Bleioxyd und etwas schwefelsaurer Kalk ungelöst zurückbleiben. Man filtrirt, kocht den Rückstand längere Zeit mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron, um den schwefelsauren Kalk und das schwefelsaure Bleioxyd in kohlensaure Salze überzuführen. Diese filtrirt man ab, löst sie in wenig Essigsäure und fällt aus dieser Lösung das Blei durch Schwefelwasserstoffgas. Das Filtrat von dem Schwefelbleiniederschlage, welches essigsauren Kalk enthält, vereinigt man mit dem kalk- und magnesiahaltigen Filtrat, welches entsteht, nachdem man aus dem in Wasser gelösten schwefelsauren Salze durch Salmiak und Ammoniak Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd gefällt hat, welche, sowie Kalkerde und Talkerde, auf die oben angegebene Weise getrennt werden.

Sollen die Alkalien in einer Schlacke bestimmt werden, so fällt man nach Abscheidung der Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak, nicht durch phosphorsaures Natron, sondern entfernt nach dem Ansäuern mit Salzsäure die vorhandene Schwefelsäure durch Chlorbaryum, filtrirt den schwefelsauren Baryt ab, fällt den im Chlorbaryum überschüssig zugesetzten Baryt durch kohlensaures Ammoniak wieder aus, filtrirt, wäscht den Niederschlag aus, dampft das magnesia- und alkalihaltige Filtrat zur Trockne, glüht zur Entfernung der Ammoniaksalze, setzt etwas Quecksilberoxyd hinzu, glüht abermals ziemlich stark und kocht mit Wasser, in welchem sich die Alkalien lösen, während die Magnesia ungelöst zurückbleibt. Chlormagnesium und Quecksilberoxyd geben beim Glühen flüchtiges Chlorquecksilber und in Wasser unlösliche Magnesia. Die Alkalien werden auf bekannte Weise geschieden und bestimmt.

Zur Ermittlung der Kieselsäure wird eine neue Portion Schlacke mit dem sechs- bis achtfachen Gewicht kohlensaurem Baryt in einem Platintiegel geglüht, dessen Wände zum Schutz gegen das Blei mit einer Lage von kohlensaurem Baryt ausgeschmiert sind, welche man mit etwas ganz verdünnter Salpetersäure befeuchtet hat. Die geglühte Masse wird durch Königswasser zersetzt, zur Trockne gedampft und die Kieselerde nach Zusatz von etwas Salzsäure und Verdünnen mit Wasser abgeschieden. Sollte dieselbe in Folge eines Schwefelgehaltes der Schlacke durch schwefelsauren Baryt verunreinigt sein, so zieht man durch eine Lösung von Kalihydrat die Kieselsäure aus, wobei der schwefelsaure Baryt nicht zersetzt wird, fällt aus der alkalischen Lösung die Kieselerde durch Salzsäure aus, dampft zur Trockne und verfährt zur Bestimmung der Kieselerde wie gewöhnlich.

Aus dem ursprünglichen Filtrat von der Kieselerde können die übrigen Bestandtheile der Schlacke abgeschieden werden. Man fällt aus dem Filtrat, dessen Säure durch Ammoniak etwas abgestumpft ist, das Blei durch Schwefelwasserstoffgas aus, filtrirt, entfernt aus dem Filtrat durch Schwefelsäure den Baryt, filtrirt abermals, verdunstet das noch vorhandene Schwefelwasserstoffgas, kocht einige Zeit mit Salpetersäure, um alles Eisenoxydul in Eisenoxyd überzuführen, und bestimmt nun Eisenoxyd, Manganoxyd, Thonerde, Kalkerde, Talkerde und Alkalien wie vorhin. *Stohmann.*

Bleichen.

Bleichen. Viele Naturproducte sind in dem Zustande, wie sie roh gewonnen oder wie sie in den ersten Stadien ihrer Verarbeitung erhalten werden, von Verunreinigungen, die theils färbende, theils wachs- oder harzartige Substanzen sind, begleitet, deren Entfernung aber nothwendig ist, um den daraus darzustellenden Fabrikaten Güte und Schönheit zu verleihen. Dieses ist der Zweck des Bleichens. Die zu beseitigenden Stoffe sind unendlich verschieden, ebenso verschieden wie die Eigenschaften und die Verwendungen der Naturproducte, mit welchen sie zusammen vorkommen. Daher muß auch für jede Substanz ein eigener Bleichproceß angewandt werden. Es ist einleuchtend, daß man keine weiße Baumwolle erhalten würde, wenn man dieselbe mit ähnlichen Agentien wie den Talg, oder Seide auf dieselbe Weise wie das Palmöl behandeln wollte. Es ist daher auch erforderlich, die Beschreibung der Processe in verschiedenen Abschnitten zu geben. Wir wollen in diesem Artikel uns auf das Bleichen der sogenannten Gespinnstfasern, also der Baumwolle, des Flachses, der Wolle und der Seide beschränken und das Bleichen der übrigen Stoffe, z. B. der Fette und Oele in besonderen Artikeln beschreiben.

Das Bleichen wird fast immer durch chemische Mittel bewirkt: wie diese aber wirken, ist uns bis jetzt noch nahezu unbekannt. Die Chemiker sind glücklich genug gewesen, eine Menge verschiedener Körper zu entdecken, welche den Zweck erfüllen, zu dem sie verwandt werden, aber man weiß noch sehr wenig, welche Veränderungen dadurch in den Substanzen hervorgerufen werden. Wir haben Bleichmittel, welche oxydirend wirken, wie z. B. das Chlor, das chromsaure Kali, aber auch solche, die ganz entgegengesetzte Eigenschaft haben, wie z. B. die schweflige Säure, die Lichtstrahlen; erst in allerneuester Zeit ist ein gewisser Fortschritt in der Erkenntniß der dabei statthabenden Vorgänge gemacht worden.

Die baumwollenen, die leinenen Stoffe wurden noch vor nicht vielen Jahren ausschließlich durch die Wirkung des Lichts und der Feuchtigkeit entfärbt. Ein Jeder weiß, wie viel Zeitverlust und Mühe dieser Proceß verursacht; daher war es ein großes Ereigniß, als man einen Stoff entdeckte, durch dessen Hülfe man in weniger Stunden ein schöneres Product erhält, als man früher in ebenso vielen Wochen erzielte. Dieser Körper war das Chlor, welches 1774 von Scheele entdeckt und dephlogistisirte Salzsäure genannt wurde, er glaubte, es sei Salzsäure, die ihren Gehalt an Phlogiston abgegeben habe. Die wahre Natur des neuen Körpers wurde erst 1810 von Davy erkannt, der ihm seine Stelle unter den einfachen Körpern, den Elementen, einräumte und ihm den Namen Chlor, von χλωρός grüngelb, nach der Farbe seines Gases gab. Obgleich man bald mit den bleichenden Eigenschaften des Chlors bekannt wurde, so dauerte es doch sehr lange, bis man eine technische Anwendung davon machte. Berthollet war der Erste, welcher seine Aufmerksamkeit darauf richtete, er wandte zuerst 1785 eine Lösung des Chlorgases in Wasser dazu an, später ersetzte er diese durch eine Verbindung der Alkalien mit Chlor. Im Anfange waren viele Schwierigkeiten mit der Anwendung dieser Salze verknüpft, daher ihr Werth auch von vielen Bleichern bestritten wurde, obgleich das Mißlingen der damit ausgeführten Operationen nur in der Unkenntniß der praktischen Anwendung lag. Manche, die bessere Resultate erhalten hatten, fuhren fort sie mit Vorsicht und Aufmerksamkeit auszubeuten. Sie suchten die Ursachen des einzeln eintretenden Mißlingens zu erforschen, um diese dann zu vermeiden, bis sie Schritt vor Schritt jede Schwierigkeit zu umgehen lernten und endlich eine Methode fanden, bei deren Anwendung sie stets ein sicheres und gleichbleibendes Resultat erhielten.

Die Rasenbleiche ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt, ihr Ursprung läßt sich nicht nachweisen. Man kann wohl mit Recht annehmen, daß man, sobald man Faserstoffe zur Bekleidung verwandt hat, auch die Bemerkung gemacht habe, daß diese durch Licht, Luft und Feuchtigkeit ihre ursprüngliche Farbe verlieren, und somit wird man auch diese Agentien haben einwirken lassen, um schönere Stoffe zu erhalten. Die ältesten Berichte erwähnen des Bleichens; sie geben aber nicht genau die dabei angewandten Methoden an, sondern sagen nur, man bleiche das Zeug durch abwechselndes Kochen, Waschen und Einwirkung der Luft. Später wandte man die schweflige Säure an. Obgleich diese sehr erfolgreich wirkte, so waren doch noch die großen Grasplätze erforderlich, und verhinderte der Aufwand an Zeit und Arbeit eine Darstellung von billigen Zeugen. Die Kosten des Bleichens waren damals so groß, daß man jetzt für dasselbe Geld, welches vor 50 Jahren für das Bleichen ausgegeben werden mußte, das ganze Zeug aus den Rohstoffen darstellen lassen kann.

Nach der alten Methode weichte man die Stoffe zuerst in siedendem Wasser oder schwacher Lauge, die durch Ausziehen von Holzasche mit Wasser dargestellt wurde, ein und nannte dieses das Bäuchen. In ersterem Falle ließ man das Zeug 3 bis 4 Tage lang, in letzterem nur 48 Stunden mit dem Lösungsmittel in Berührung. Nach dem Bäuchen wurden die Stoffe gewaschen, dann 4 bis 5 Stunden lang gekocht, wieder gewaschen und 2 bis 3 Wochen auf dem Rasen ausgelegt. Sie wurden dann wieder mit schwächerer Lauge gebäucht, gewaschen, ausgelegt und dieses 4 bis 5 Mal wiederholt, wobei man jedoch stets eine schwächere Lauge anwandte. Damit war der erste Abschnitt des Bleichprocesses beendet. Der zweite bestand darin, daß man die Stoffe der Einwirkung einer Säure aussetzte. Hierzu wandte man bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts allgemein die saure Milch, Buttermilch an, in welcher man die Stoffe 2 bis 3 Wochen lang liegen ließ. Damals schlug in England Dr. Hope die Anwendung verdünnter Schwefelsäure vor, wodurch die Zeit des Säurens auf 12 Stunden abgekürzt wurde. Auch die Operation des Säurens wurde 3 bis 4 Mal wiederholt. Die Zeitdauer des Bleichprocesses variirte natürlich je nach der Qualität der Stoffe. Leinen wurde selten in kürzerer Zeit

als in 6 Monaten, Baumwolle in 6 Wochen bis 3 Monaten fertig.

Die theoretischen Erklärungen, welche für den Bleichproceß gegeben wurden, lassen sich in folgenden vier Hauptpunkten zusammenfassen:

1) Der Farbstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft und bildet eine farblose Substanz, die sich durch Waschen entfernen läßt.

2) Es bildet sich auf dieselbe Weise ein Körper, der zwar farblos ist, aber auf dem Zeuge zurückbleibt.

3) Die Farbstoffe werden zerstört, indem ein Theil des Kohlenstoffs oder Wasserstoffs, oder beide durch den Sauerstoff der Luft verbrannt werden, wobei sich Kohlensäure und Wasser bilden, während der zurückbleibende Theil dann durch Wasser entfernt werden kann. Kurz, es findet beim Bleichen ein Verwesungsproceß Statt, der zuerst auf den Farbstoff seine Wirkung äußert, dann aber weiter um sich greift und später auch die Faser der Gewebe zerstört, wenn er nicht zeitig genug unterbrochen wird.

4) Das Bleichen wird nicht durch die Luft, sondern durch den Einfluß des Wassers bewirkt. Dieses wird dabei zersetzt, seine Elemente oder eines derselben verbindet sich mit den Farbstoffen und zerstört diese. Es ist bekannt, daß die Jahreszeiten, in welchen der Thaufall am stärksten ist, auch am geeignetsten für das Bleichen sind.

Alle diese Erklärungen stimmen darin überein, daß die Zerstörung der Farbstoffe durch einen Oxydationsproceß bewirkt werde, daß auf die eine oder die andere Weise der Sauerstoff die wesentlichste Rolle dabei spiele. Dem steht scheinbar entgegen, daß der reine Sauerstoff selbst bei Gegenwart von Feuchtigkeit keinen Einfluß auf die raschere Zerstörung der Farbstoffe habe. In neuerer Zeit ist man jedoch durch die Forschungen Schönbein's mit einer eigenthümlichen Eigenschaft des Sauerstoffs bekannt geworden, welche eine leichte Erklärung des Bleichprocesses zuläßt. Es wird nämlich der Sauerstoff durch die Strahlen des Lichts bei Gegenwart von Feuchtigkeit und durch andere Umstände in einen besonderen Zustand versetzt, in welchem er die Eigenschaften hat, schon bei gewöhnlicher Temperatur und mit größter Energie in Verbindungen einzugehen, zu deren Entstehen beim gewöhnlichen Sauerstoff immer eine hohe Temperatur erforderlich ist. In diesem Zustande nennt man den Sauerstoff Ozon oder erregten Sauerstoff. Das Ozon bildet sich bei jeder Verdunstung des Wassers und wirkt dann so kräftig, daß selbst das indifferenteste Element, der Stickstoff, dadurch oxydirt wird und sich mit den Bestandtheilen des Wassers zu salpetrigsaurem Ammoniak verbindet, so daß sich in jedem feuchten, der Luft ausgesetzten Zeuge Spuren dieses Salzes nachweisen lassen. Die den Zeugen anhaftenden Farbstoffe gehören unstreitig zu den am meisten oxydirbaren Stoffen, es ist daher sehr erklärlich, daß diese von dem erregten Sauerstoff, dem Ozon, mit Leichtigkeit zerstört werden. Wie weit diese Umwandlung geht, ob sie geradeauf in Kohlensäure und Wasser zerlegt werden, oder ob sich andere farblose Verbindungen aus ihnen bilden, ist wohl kaum nachweisbar.

Dieselbe Erklärung läßt sich auch in vielen Fällen für das Bleichen mit schwefliger Säure und Chlor geben. Es ist ebenfalls von Schönbein nachgewiesen, daß schweflige Säure in wäßriger Lösung oder in Verbindung mit Alkalien zu Ozonbildung Veranlassung giebt. Ebenso wird durch die Einwirkung des Chlors auf das Wasser dieses zersetzt unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure und Sauerstoff, von dem ein Theil als Ozon auftritt. In beiden Fällen kann daher die Zerstörung der Farbstoffe auch durch den Einfluß des Ozons bewirkt werden. Es ist aber durchaus nicht unwahrscheinlich, daß schweflige Säure und Chlor auch als solche wirken, indem sie direct durch Verbindung, durch Reduction oder durch Substitution die Farbstoffe so verändern, daß sie farblos erscheinen.

Die Einführung des Chlors in die Bleicherei durch Berthollet haben wir schon oben erwähnt. Dieses Element wurde in England zuerst von Watt, der gerade in Paris war, als Berthollet seine Versuche anstellte, angewandt, fand aber anfangs dort wie überall nur Opposition. Man sagte, die Arbeiter würden durch die Ausdünstungen vergiftet, das Chlor verderbe die Zeuge und gebe keine gleichmäßig weiße Farbe. Man gebrauchte zuerst eine gesättigte Lösung von Chlorgas in Wasser. Die Stoffe wurden in diese gelegt und dann erhitzt, um die Einwirkung des Chlors zu unterstützen. Darauf verdünnte man die Lösung bedeutend und fand, daß eine solche dieselbe Wirkung wie eine starke habe. Die Stoffe wurden aber häufig gelb. Um dieses zu vermeiden, kochte man sie nach der Behandlung mit Chlor mit alkalischen Laugen. Nicht viel später entdeckte man, daß die kohlensauren Alkalien, Potasche und Soda, eine bedeutende Menge Chlor absorbiren und damit Flüssigkeiten bilden, die erst auf Zusatz von Säure ihr Chlor frei werden lassen und die daher mit viel weniger Unbequemlichkeit gehandhabt werden können.

Diese Bleichflüssigkeiten wurden zuerst in Javelle bei Paris dargestellt und sind noch heute allgemein unter dem Namen Eau de Javelle bekannt; dieses wird noch in manchen Etablissements zum Bleichen von feinen Stoffen angewandt. Es war Tennant in Glasgow, welcher auch diese Erfindung später verdrängte, indem er fand, daß man die Alkalien, welche namentlich damals noch in sehr hohem Preise standen, durch Kalk ersetzen könne. Er nahm 1798 ein Patent für die Darstellung einer Bleichflüssigkeit, die er darstellte, indem er Chlor in Kalkmilch leitete, und 1799 ein Patent für ein Bleichpulver, welches bis jetzt noch durch kein anderes übertroffen ist und sich allgemeine Geltung verschafft und Anwendung gefunden hat — es ist der Chlorkalk.

Nachdem wir so in kurzen Umrissen eine Geschichte der Bleichkunst gegeben haben, wollen wir jetzt zu den praktischen Processen übergehen und dabei die verschiedenen Stoffe in zwei Classen abhandeln. Wir wollen zuerst die Stoffe des Pflanzenreichs, die Baumwolle, den Flachs u. s. w., und dann die des Thierreichs, Wolle und Seide, betrachten, und dabei jedesmal eine kurze Beschreibung des Rohmaterials vorausschicken.

A. **Baumwolle.** Diese Substanz bildet ein faseriges Gewebe, welches die Samen gewisser Species der Pflanzenfamilie Gossipium, die zu der Ordnung der

Malvaceae gehört, umhüllt. Die für den Baumwollenhandel wichtigsten Species sind Gossipium arboreum, herbaceum, hirsutum und Barbadense, vorzüglich aber die zweite. Gossipium arboreum ist perennirend und erreicht eine Höhe von 6 bis 8 Fuß; G. herbaceum ist nicht perennirend und wird nur 2 Fuß hoch; G. hirsutum oder die haarige amerikanische Baumwolle — ebenfalls nicht perennirend — wird 3 Fuß hoch und

Fig. 240.

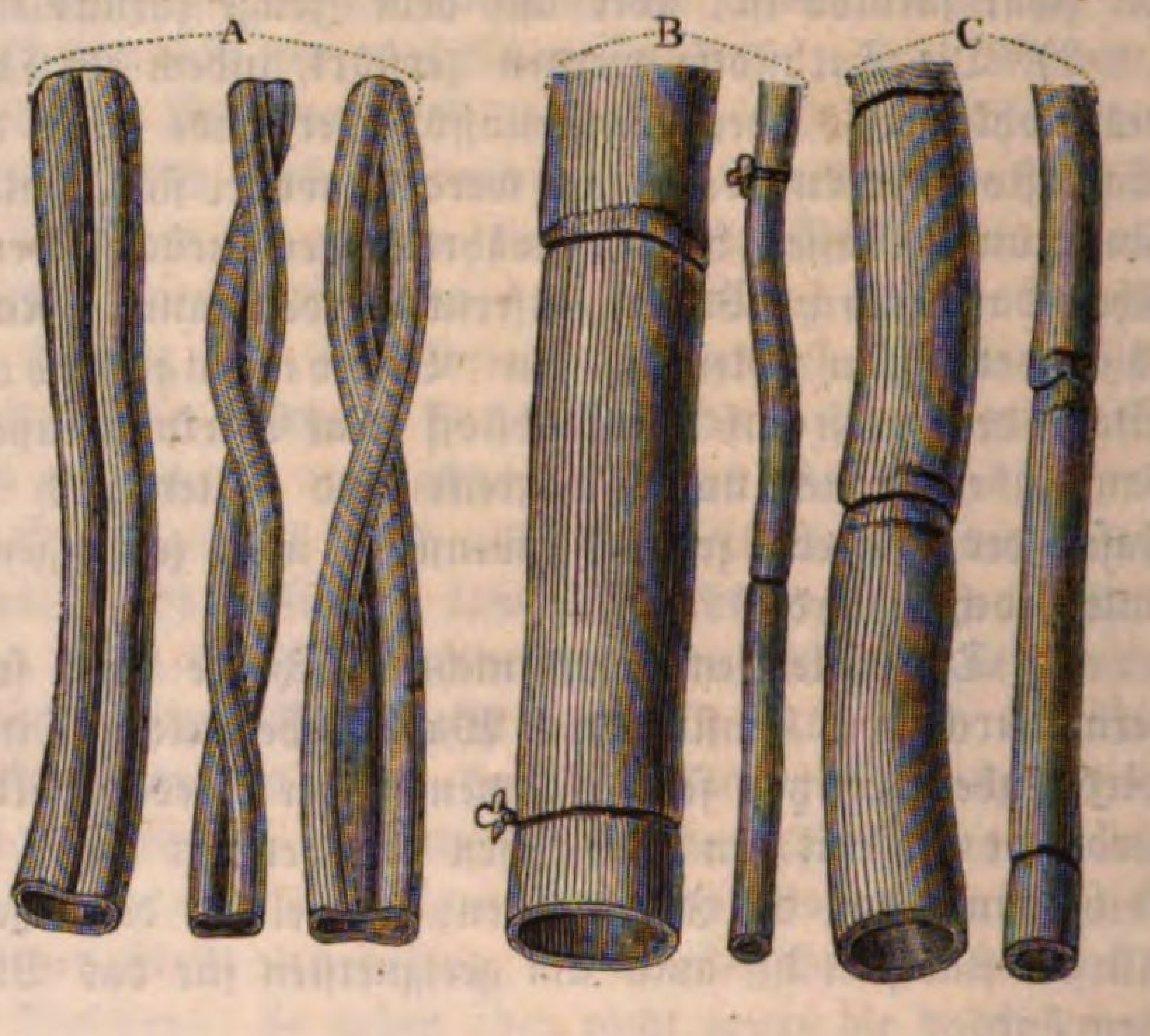


endlich G. Barbadense oder die buschige Baumwolle von Barbadoes erreicht die Höhe von ungefähr 4 Fuß. Der Ertrag der Baumwollenernte hängt gänzlich vom Klima ab, die Pflanze gedeiht nur in den heißen Regionen der Erde. Fig. 240 giebt eine Abbildung der Blume und der Baumwollenfrucht vom G. herbaceum.

Die Baumwolle war schon den Alten bekannt und wurde von ihnen zur Darstellung von Zeugen verwandt. **Plinius** beschreibt unter dem Namen Gossipium eine Pflanze, die in Aegypten wuchs und die nach Allem, was er darüber anführt, nur unsere jetzige Baumwollenstaude sein kann. Die Verarbeitung des Products dieser Pflanze nimmt seit einigen Decennien einen gewaltigen Aufschwung und bildet in manchen Ländern, namentlich in England, einen der bedeutendsten Indüstriezweige, welcher nur durch die Vervollkommnung der mechanischen und chemischen Hülfsmittel hervorgerufen ist. Die Baumwolle hat in dem Zustande, wie sie auf den Markt gebracht wird, die verschiedensten Farben, die vom reinen Weiß bis zum Dunkelgelben variiren. Die am meisten gefärbten Sorten kommen von Siam und aus Bengalen. Manche Varietäten sind so wenig gefärbt, daß die daraus dargestellten Stoffe nicht gebleicht zu werden brauchten, wenn sie nicht beim Weben beschmutzt würden. Für manche Zwecke ist es hinreichend, die Zeuge dann nur mit Lauge oder Seifenwasser zu kochen und sie nachher auszuwaschen.

Fig. 241 giebt eine mikroskopische Zeichnung der Baumwollen- und Flachsfasern, bei einer 400maligen Vergrößerung im Durchmesser. Die Fasern *A* sind rohe

Fig. 241.



für die Verarbeitung vorbereitete Baumwolle; *B* Flachsfasern vor dem Spinnen und *C* Flachsfasern, die schon gesponnen gewesen und nachher wieder aufgedreht sind. Die Länge sämmtlicher Fasern beträgt $^1/_{200}$ Zoll, sie variiren im Durchmesser von $^1/_{800}$ bis $^1/_{3800}$ Zoll. Die Fasern der Baumwolle sind zusammengepreßt, flach, manchmal eckig, niemals gerade, sondern stets gewunden. Sie hängen daher fester an einander, die Gewebe werden nicht so porös, als bei geraden Fasern und die Stoffe sind daher wärmer als die vom Flachs, dessen Fasern gerade, gegliederte Röhren mit glatter Oberfläche sind.

Die Stoffe, welche von dem Bleicher aus den Zeugen entfernt werden müssen, sind folgende.

1) Die organische Substanz, welche an der Faser haftet und ihr eine eigenthümliche Farbe ertheilt. Diese scheint keinen Einfluß auf die Stärke der Faser zu üben; denn die letztere erfordert ein eben so schweres Gewicht zum Zerreißen, nachdem der Farbstoff entfernt ist, als vorher. Dieser Körper ist etwas löslich in Wasser, vollkommen in alkalischen Flüssigkeiten, namentlich in Soda und Potasche. Wenn man die grauen Kattune aber in Kalkwasser kocht, so wird ihre Farbe häufig verdunkelt; man möchte daher schließen, daß dieses keinen Einfluß auf die Stoffe habe. Bei einer genaueren Untersuchung wird man indessen finden, daß das Kalkwasser eine harzige Materie aufgenommen hat, die durch Neutralisation mit einer Säure in Form von leichten Flocken daraus gefällt werden kann. Die dunklere Färbung der Stoffe rührt davon her, daß der Kalk mit einigen organischen Stoffen, die in der rohen Faser enthalten sind, in Verbindung tritt und damit braun gefärbte Substanzen bildet. Die völlige Entfernung der Farbstoffe findet nie allein durch die Behandlung mit Alkalien

Statt, diese erleichtern nur die spätere Wirkung des Sonnenlichtes oder des Bleichmittels.

2) Eine harzige Materie, die in kaltem Wasser unlöslich, aber in kochendem Wasser etwas löslich ist. Dieses Harz umgiebt die Faser und scheint ihr ein Schutz gegen Feuchtigkeit und Luft zu sein, weshalb auch in seiner Abwesenheit der Farbstoff sowohl, wie auch endlich die Faser selbst, zerstört werden würden. Das Harz ist in siedendem Alkohol löslich und bleibt nach Verdampfung des Alkohols in Form von gelben, in Kali und Natron löslichen Schuppen zurück.

3) Fette sind stets in baumwollenen und leinenen Geweben zugegen, sie machen theils einen Bestandtheil der Rohmaterialien aus, theils kommen sie erst bei der Verarbeitung durch die Maschinen in die Stoffe. Sie müssen auf das Sorgfältigste entfernt werden, da sie sonst beim späteren Bedrucken der Kattune höchst schädlich wirken, nämlich die Aufnahme der Beizen verhindern würden. Man würde jeden Fettflecken in dem fertigen Stoffe durch eine schlechte Stelle im Drucke wiedererkennen können. Die Fette werden nicht durch Chlor entfernt, sondern durch Behandlung mit Laugen, namentlich aber durch Kalk; dieser bildet mit den Fetten eine unlösliche Seife, die bei der darauf folgenden Behandlung mit Säuren zersetzt wird.

4) Die Schlichte des Webers, die entweder aus Stärke oder Mehlkleister besteht; sie wird gewöhnlich in gegohrenem, saurem Zustande angewandt.

5) Unorganische Substanzen, die theils in der Faser, theils in der Schlichte enthalten waren.

6) Schweiß und Schmutz von den Händen der Arbeiter. Diese werden durch einfaches Waschen fortgeschafft.

Die Aufgabe des Bleichers würde leicht sein, wenn er nur mit den Farbstoffen zu thun hätte; sie wird aber durch die Gegenwart der Harze und Fette erschwert. Die Zerstörung der Farbstoffe geschieht fast augenblicklich durch Chlor oder schweflige Säure. Diese wirken nicht auf die übrigen Substanzen, oder zerstören sie nur sehr langsam. Man würde seinen Zweck durchaus nicht erreichen, wenn man zum Bleichen nur Chlor, oder seine bleichenden Verbindungen, anwenden wollte, denn diese haben einen so großen Einfluß auf die Faser selbst, daß diese schon verdorben sein würde, ehe die Harze und Fette entfernt sind. Man muß daher zu anderen Hülfsmitteln greifen und darf das Chlor erst anwenden, wenn die Stoffe von jenen Substanzen befreit sind.

Im Jahre 1828 wurden zuerst Maschinen beim Bleichproceß eingeführt und dadurch ein gewaltiger Aufschwung hervorgerufen. Bentley in Pendleton war der Erste, der dazu schritt. Obgleich seine Maschinen nicht so vollkommen construirt waren, daß sie mit den späteren Verbesserungen Stich halten konnten, so bleibt ihm doch das Verdienst, die erste Anregung dazu gegeben zu haben. Für die Vervollkommnung der Maschine verdankt man unter Anderem John Graham in Staleybridge bei Manchester außerordentlich viel. Durch seine Arbeiten ist es möglich geworden, den Bleichproceß auf seine einfachsten Bedingungen zurückzuführen und ihm seine jetzige rein mechanische Form zu geben. Seine Einrichtungen haben sich so bewährt, daß sie von fast sämmtlichen Bleichern Englands eingeführt worden sind. Sie besitzen außer dem Vortheil der Geschwindigkeit der Manipulationen noch den großen Werth, daß man im Stande ist, mit weit weniger chemischen Agentien dasselbe zu erreichen, als mit anderen Apparaten, wo man weit mehr Materialien anwendet.

Der Bleichproceß läßt sich in folgende Abschnitte eintheilen, die aber je nach den Verwendungen der Stoffe abgekürzt werden können:

1) Zeichnen und Zusammenheften.
2) Sengen.
3) Anfeuchten, Entschlichten und erstes Waschen.
4) Bäuchen in Kalkwasser.
5) Säuren und Waschen.
6) Bäuchen mit Aetzlauge.
7) Waschen.
8) Behandlung mit Bleichflüssigkeit.
9) Säuren.
10) Waschen.
11) Bäuchen mit kohlensaurem oder reinem Natron.
12) Säuren.
13) Waschen und Wringen.
14) Rollen.
15) Stärken und Trocknen.
16) Kalandern, Falten und Stempeln.

1) Der erste Theil hat wenig Interesse für den Chemiker, er soll hier nur der Vollständigkeit halber mit aufgenommen werden. Da der Bleicher nicht allein für seinen eigenen Bedarf arbeitet, so ist es nöthig, daß jedes Stück, sobald es in die Bleicherei kommt, mit dem Namen seines Eigenthümers gezeichnet werde, da sonst später beim Abliefern Verwechslungen nicht zu vermeiden wären. Zum Zeichnen bedient man sich eines hölzernen Stempels, auf dem der Name des Eigenthümers ausgeschnitten ist. Dieser wird in Steinkohlentheer getaucht und dann auf das Ende eines jeden Stückes aufgedrückt. Der Theer wird durch die späteren Operationen nicht angegriffen, er läßt sich nur durch anhaltendes Waschen mit Seifenwasser und kräftiges Reiben entfernen. Feinere Stoffe werden entweder durch Einnähen von farbigen, nicht bleichbaren Fäden, oder mit einer Lösung von salpetersaurem Silber — Höllenstein — gezeichnet.

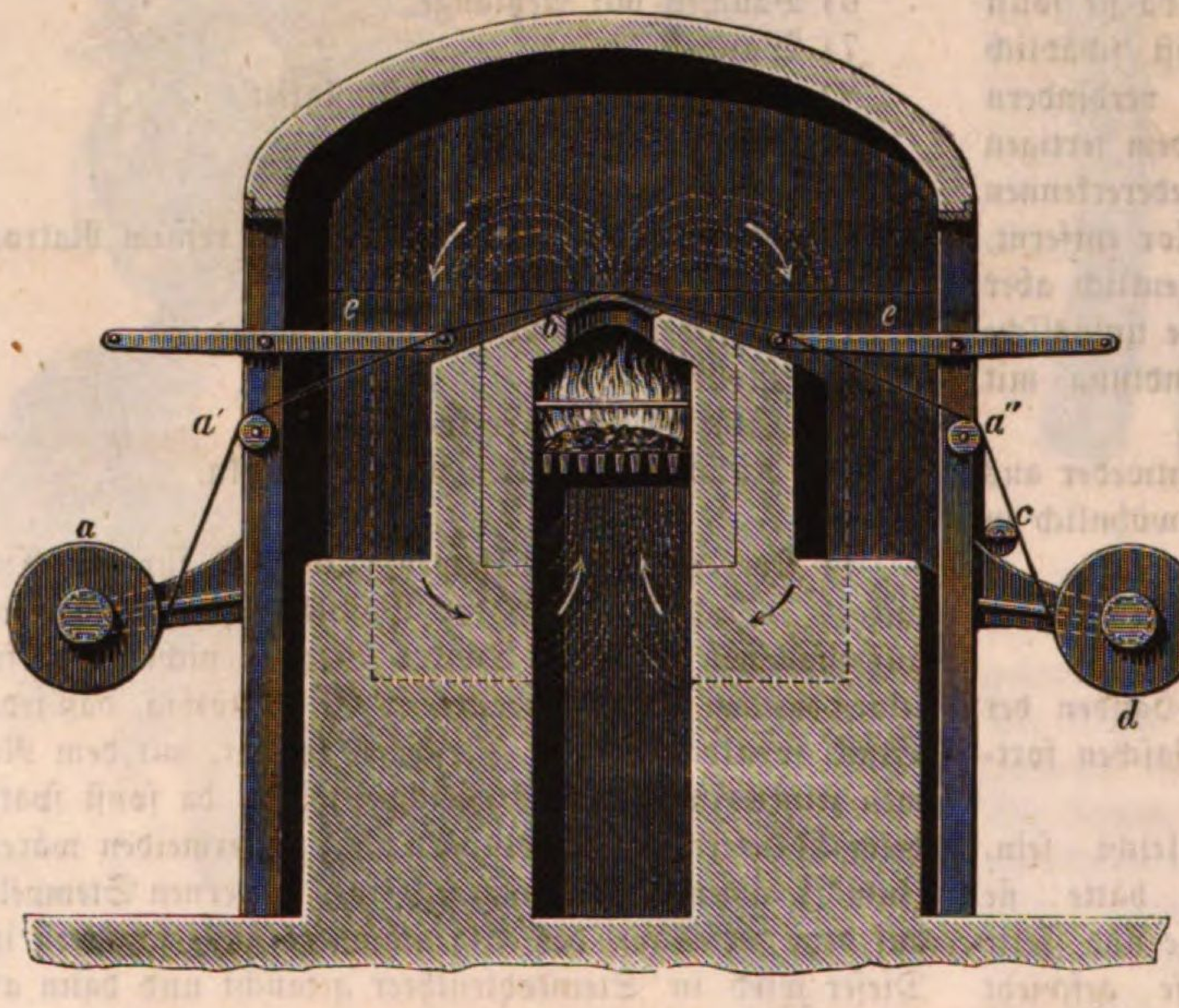
Die sämmtlichen Stücke, welche auf einmal gebleicht werden sollen, werden dann zusammengenäht, so daß sie nur ein langes Stück bilden.

2) Durch das Sengen werden die Fasern von der Oberfläche des Zeuges entfernt. Dieses geschieht, indem man die Stoffe mit einer solchen Geschwindigkeit über rothglühende Cylinder zieht, daß das Gewebe nicht darunter leidet, während die Fasern verbrannt werden. Man bedient sich dazu gewöhnlich einer halbrunden Eisenplatte, die durch ein darunter angebrachtes Feuer erhitzt wird. Nach einer anderen Methode bedient man sich des Leuchtgases zum Sengen. Man wendet dazu eine eiserne Röhre an, in die eine Reihe von kleinen Löchern gebohrt ist. Das diesen entströmende Gas wird angezündet und bildet dann eine lange Flamme, da die Löcher so nahe neben einander sind, daß die einzelnen Flämmchen zusammenfließen. Das Zeug wird durch

diese hindurchgezogen, wodurch die Fäserchen natürlich verbrannt werden. Ueber dem Zeuge ist in horizontaler Richtung eine unten offene Röhre angebracht; diese steht mit einem Schornstein in Verbindung und leitet daher alle Verbrennungsproducte ab. Sie bewirkt außerdem einen Zug, wodurch die Gasflamme durch das Zeug hindurchschlägt und daher auch die Fäserchen im Innern des Gewebes und auf der anderen Seite versengt.

In neuerer Zeit ist man jedoch von der Anwendung des Leuchtgases zum Sengen der Zeuge zurückgekommen und beschränkt dessen Anwendung nur auf Garne. Der zum Sengen des Zeuges dienende Apparat ist in Fig. 242

Fig. 242.



dargestellt. a ist eine Walze, auf welche das zu sengende Zeug aufgewunden ist, es geht von dort über eine kleine Leitrolle a' und wird dann über die gebogene, zum Rothglühen erhitzte Platte b gezogen. Eine zweite Leitrolle a'' bringt es dann zunächst mit einer kleinen halb in Wasser eingetauchten Walze c in Berührung, wodurch alle Funken verlöscht werden, ehe das Zeug auf die Walze d aufgezogen wird. Zwei in ihrer Mitte um Stifte drehbare Rahmen e dienen dazu, das Zeug gegen die heiße Platte zu drücken, indem es je nach der Stellung derselben mehr oder weniger der Platte genähert oder ganz davon entfernt werden kann. Die Heizung der Platte geschieht durch einen darunter angebrachten Heerd, der so eingerichtet ist, daß die unter den Rost tretende Luft durch zwei Canäle aus dem überwölbten Sengraum geschöpft wird, um die brenzlichen Dämpfe sofort abzuleiten, ohne daß sie durch ihren unangenehmen Geruch belästigen könnten.

Solche Stoffe, die mit sehr feinen Mustern und Farben bedruckt werden sollen, werden auf beiden Seiten, also zweimal gesengt. Die im ungefärbten Zustande in den Handel zu bringenden werden dagegen entweder nur einmal oder auch gar nicht gesengt.

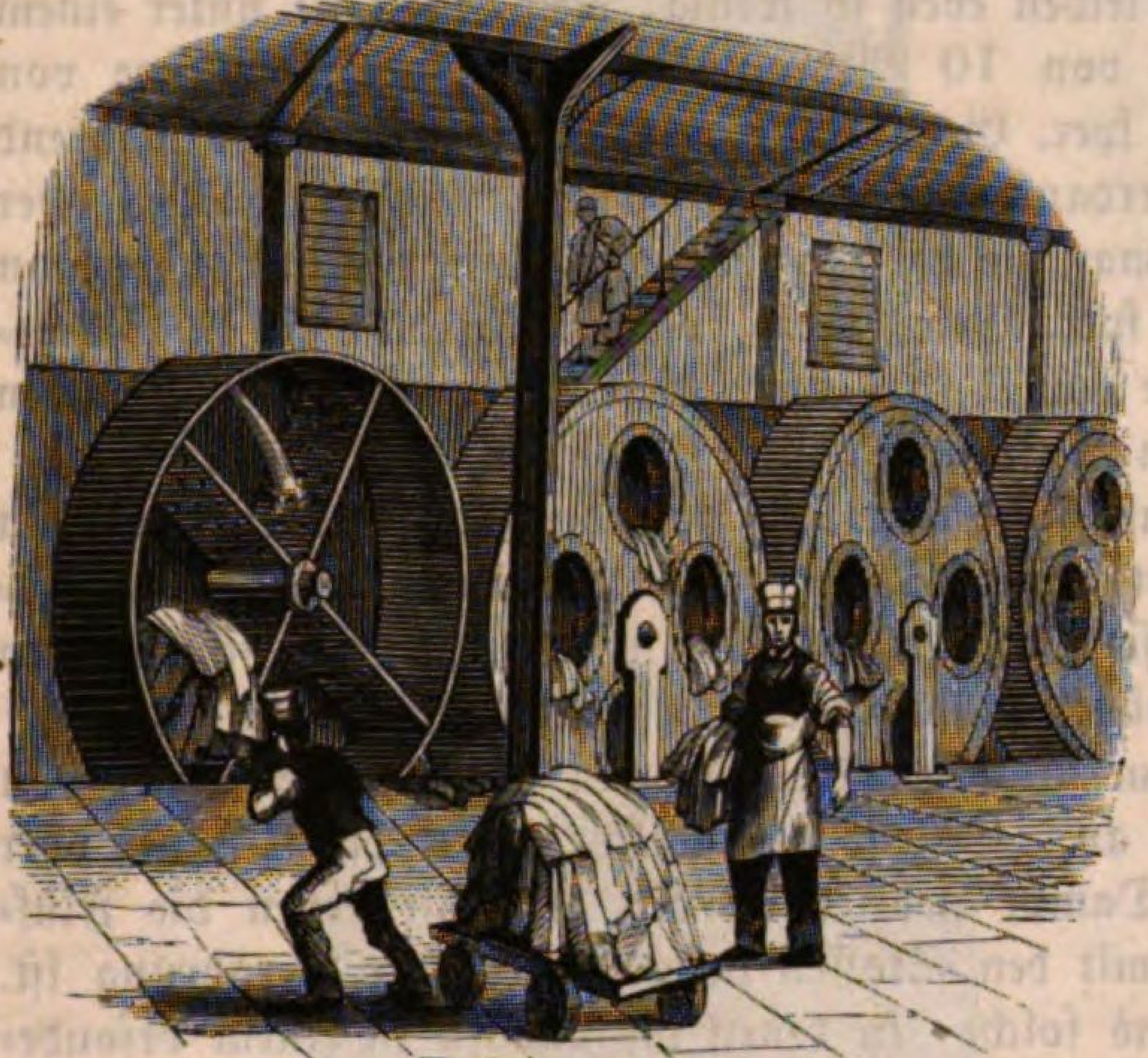
In manchen Fabriken geschieht das Sengen erst nach dem Bleichen. Man hat aber in den englischen Bleichereien gefunden, daß es vortheilhafter sei, mit dieser Operation anzufangen.

3) Der nächste Proceß, welchem die Stoffe unterworfen werden, ist das Anfeuchten und Waschen. Dieser ist von der größten Wichtigkeit und muß nothwendiger Weise sehr gründlich ausgeführt werden, wenn man später ein gutes Resultat erhalten will. Es kommt Alles auf eine gleichmäßige Benetzung der einzelnen Theile an, was nur sehr langsam erreicht werden könnte, wenn man die Stücke gleichmäßig gefaltet in das Wasser würfe. Um einen solchen Zeitverlust zu vermeiden, zieht man das lange Band zuerst durch einen Ring, dessen Durchmesser nur ungefähr $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ von der Breite des Stoffes beträgt; hierdurch nimmt das Zeug die Form einer Röhre oder eines Seiles an. Es wird dann sogleich zusammengefalten und die Bündel durch Befestigen mit einem Bindfaden verhindert, sich wieder auseinander zu wickeln, und so in einen Bottich mit Wasser geworfen. Hierin bleiben sie, bis sie gänzlich mit Wasser durchdrungen sind. Dann wird dieses abgelassen und durch frisches von 50 bis 60° Wärme ersetzt, womit sie 36 Stunden lang stehen bleiben. Während dieser Zeit geht der Kleber, welcher von der Schlichte des Webers herrührt, in Gährung über und kann dann leicht durch das folgende Waschen entfernt werden. — **Entschlichten.** Die Gährung darf nicht zu lange fortgesetzt werden, da sie sonst in Fäulniß übergehen würde, wodurch aber nicht allein die Schlichte, sondern auch die Zeugfasern angegriffen und zerstört werden würden. Viele Bleicher halten die Entschlichtung durch Gährung für nachtheilbringend und wenden lieber wiederholtes Bäuchen mit Kalkwasser oder Alkalien an. Nach der Gährung werden alle löslichen Stoffe durch Waschen mit Wasser entfernt, was auf verschiedene Weisen ausgeführt werden kann. Von allen Apparaten, die zu diesem Zwecke construirt sind, eignet sich dazu das **Waschrad** am besten.

Fig. 243 giebt eine Ansicht der Waschräder. Sie bestehen aus runden, hinten geschlossenen Cylindern, durch deren Mitte eine Achse geht, die an beiden Enden von metallenen Lagern getragen wird und durch Maschinerie in rotirende Bewegung gesetzt werden kann. Das Rad ist durch zwei sich unter einem rechten Winkel kreuzende Metallsiebe der Länge nach in vier gleiche Abtheilungen gebracht. Jede Abtheilung ist vorn mit einer runden Oeffnung versehen, durch welche die Stoffe hineingebracht werden können; an der Rückseite befindet sich eine Röhre, durch die ein ununterbrochener Strom von Wasser über die Zeuge fließt. Indem man das Rad sich langsam um seine Achse drehen läßt, werden die Stoffe fortwährend von der einen Siebplatte auf die andere geworfen, durch die dadurch stattfindende Bewegung und

das stets erneuerte Wasser wird der Inhalt in kurzer Zeit gereinigt. Ein Rad enthält gewöhnlich 4 Stücke (zu 28 engl. Ellen) Zeug, die in 8 bis 10 Minuten fertig gewaschen sind.

Fig. 243.



Die Waschräder haben einen Durchmesser von 6 bis 7 Fuß und sind $2\frac{1}{2}$ Fuß tief. Sie erfordern zur Bewegung einen Aufwand von zwei Maschinenpferdekräften. Bei einer Arbeitszeit von 10 Stunden verbrauchen sie täglich 360,000 Pfd. Wasser oder 1200 Pfd. auf ein Stück Zeug von 28 Ellen Länge.

Eine andere Waschmaschine von noch größerer Leistungsfähigkeit wurde von Mather construirt und ist in Fig. 244 in der Seitenansicht, in Fig. 245 in der Endansicht dargestellt. Bei dieser Maschine wird das zu einem endlosen Bande zusammengenähte Zeug mehrere Male durch Wasser genommen, zwischen jedem neuen Spülen aber zwischen zwei Walzen gepreßt, um durch die Reibung die Schmutzpartikelchen abzulösen. Sie besteht aus den zwei Walzen *a* und *b*, von denen die erstere $1\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser und $8\frac{1}{4}$ Fuß Länge hat. In der Mitte bei *a'* ist eine Lage starkes Leinenzeug um sie gewickelt, um die Stoffe dort, ehe sie die Maschine verlassen, noch einmal einem stärkeren Drucke zu unterwerfen. Die Walze *b* hat 2 Fuß Durchmesser und ist ebenso lang wie *a*, sie ist mit der Kurbelstange der Dampfmaschine *g* verbunden und macht 100 Umdrehungen per Minute. Beide Walzen sind entweder aus Tannenholz angefertigt, oder man macht besser nur die obere von Tannen-, die untere aber von einem härteren Holze. *c d* ist eine hölzerne Latte, in welcher Pflöcke

Fig. 244.

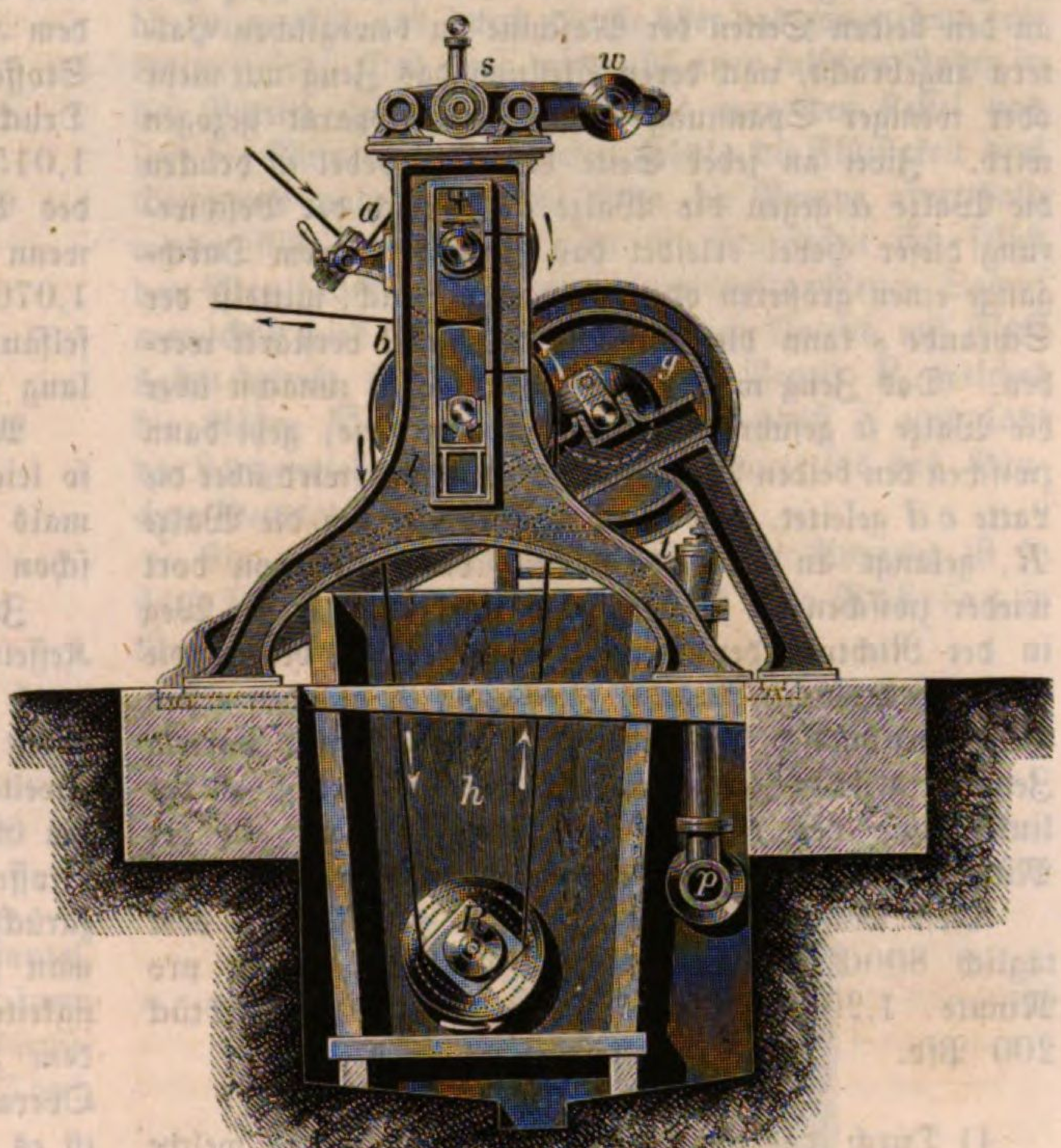
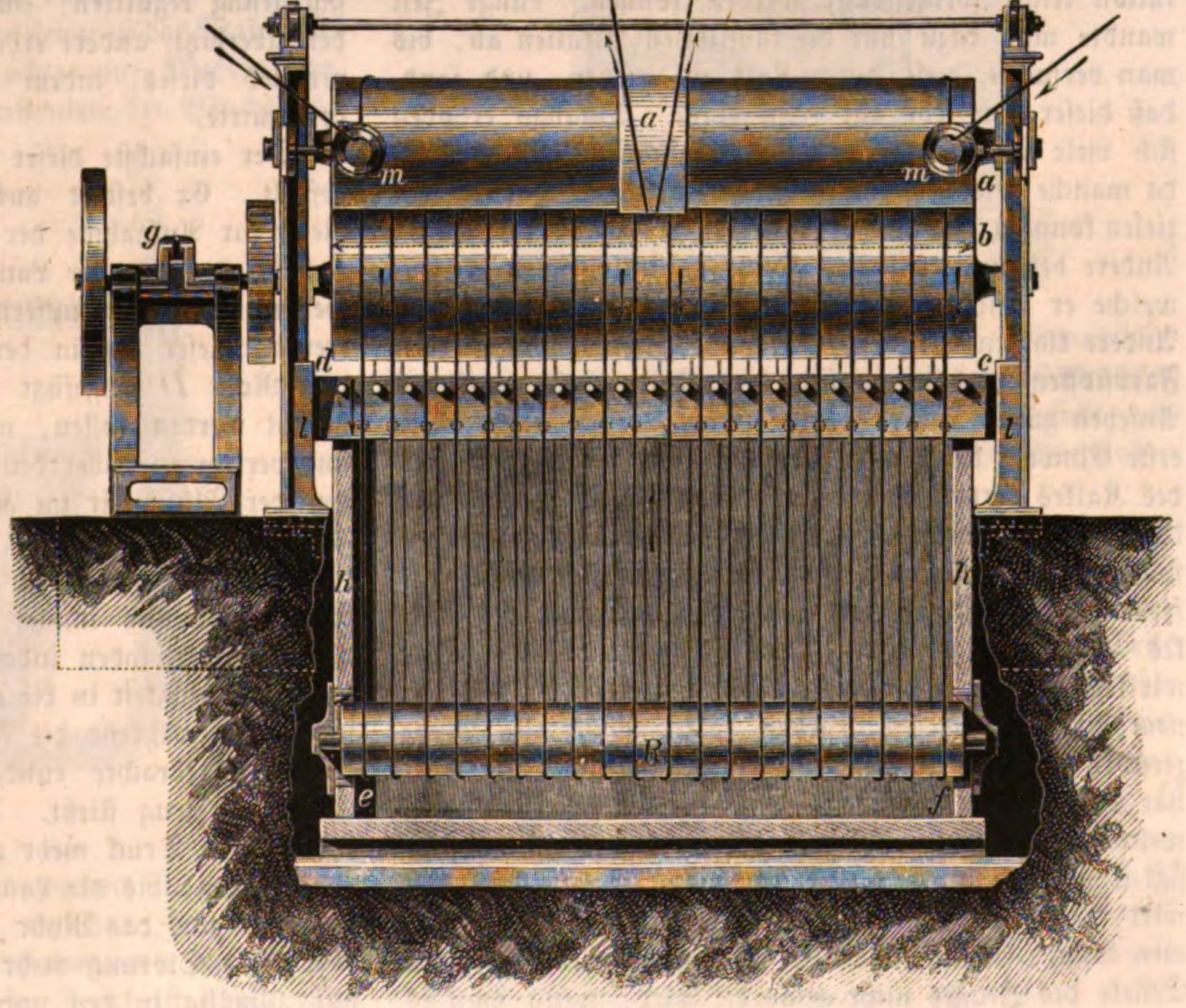


Fig. 245.



befestigt sind, die das Zeug in Spirallinien von den oberen Walzen zu der Walze *R* und von dieser wieder den oberen zuführen. *hh* ist der Wassertrog, in dem die Walze *R* liegt. *p* ein Wasserrohr mit dem Ventil *t*. Zwei Ringe *mm* von Glas oder hartem Holz sind an den beiden Seiten der Maschine an beweglichen Haltern angebracht, nach deren Stellung das Zeug mit mehr oder weniger Spannung durch den Apparat gezogen wird. Zwei an jeder Seite befestigte Hebel *w* drücken die Walze *a* gegen die Walze *b*; je nach der Beschwerung dieser Hebel erleidet das Zeug bei seinem Durchgange einen größeren oder geringeren Druck; mittelst der Schraube *s* kann die Wirkung der Hebel verstärkt werden. Das Zeug wird durch das Auge *m* zunächst über die Walze *a* geführt, schlingt sich um diese, geht dann zwischen den beiden Walzen *a* und *b* hindurch, wird über die Latte *cd* geleitet, geht durch das Wasser um die Walze *R*, gelangt an die andere Seite der Latte, von dort wieder zwischen die Walzen und wiederholt diesen Weg in der Richtung der Pfeile, bis es endlich bei *a'* die Maschine verläßt. Aus der Zeichnung ist auf den ersten Blick verständlich, daß in dem Apparate zwei Partien Zeug zu gleicher Zeit gewaschen werden, welche an der linken und der rechten Seite eingeführt und in der Mitte der Walzen bei *a'* beide ausgeführt werden.

Diese Maschine wäscht stündlich 800 Stücke oder täglich 8000 und gebraucht 4000 Pfd. Wasser pro Minute, 1,200,000 Pfd. täglich, mithin pro Stück 200 Pfd.

4) Durch das Bäuchen werden die Fette, welche theils natürlich, theils durch Zufall in den Geweben enthalten sind, entweder entfernt, oder doch in einen solchen Zustand versetzt, daß sie bei der folgenden Operation leicht fortgeschafft werden können. Lange Zeit wandte man dazu nur die kaustischen Alkalien an, bis man versuchte, diese durch Kalk zu ersetzen, und fand, daß dieser sich sehr gut dazu eigne. Anfangs erhoben sich viele Stimmen gegen die Einführung des Kalkes, da manche Bleicher keine günstigen Resultate dadurch erzielen konnten. Man warf ihm vor, er zerstöre die Zeuge; Andere behaupteten, man könne die unlöslichen Seifen, welche er mit den Fetten bilde, nicht entfernen; noch Andere klagten darüber, daß die Kalkseifen sich mit den Farbstoffen verbänden und dem Kattun ein dunkleres Ansehen gäben, als er vorher schon besessen habe. Der erste Einwurf kann nur durch den unmäßigen Gebrauch des Kalkes verursacht sein und fällt daher gänzlich auf den Bleicher zurück; die unlöslichen Kalkseifen werden später durch Säuren zersetzt und lassen sich leicht entfernen. Der letzte Grund gegen den Gebrauch des Kalkes ist allerdings richtig; das Zeug erscheint nachher wirklich dunkler als vorher, aber auch dieses ist von keinem Belang, da die Farben später ohne alle Mühe zerstört werden können. Die Behandlung mit Kalk hat den großen Vortheil, daß die harzige Substanz, welche die Faser einhüllt und die sie für die Bleichflüssigkeit unzugänglich macht, dadurch so umgewandelt wird, daß das Chlor mit der Faser in Berührung kommen kann. Es ist durch Versuche nachgewiesen, daß die Stärke des Zeuges nicht gefährdet wird, wenn man es zwei Stunden lang in Kalkwasser kocht. Es ist jedoch dabei erforderlich, daß die Stücke ganz in die Flüssigkeit eingetaucht seien, da der Kalk sonst Kohlensäure absorbiren würde, wodurch das Zeug brüchig wird. Dieses tritt ebenfalls ein, wenn das Kalkwasser nicht gleich nach dem Kochen durch Waschen entfernt wird. Baumwollene Stoffe leiden eben so wenig, wenn man sie unter einem Drucke von 10 Atmosphären in einer Aetzlauge von 1,015 spec. Gew. kocht, selbst wenn die Lauge während des Verdampfens um die Hälfte stärker würde, oder wenn man sie bei gewöhnlichem Luftdruck in Laugen von 1,070 spec. Gew. kocht, oder wenn man sie in Schwefelsäure von 1,067 spec. Gew. oder selbst 18 Stunden lang in Salzsäure von 1,035 spec. Gew. legt.

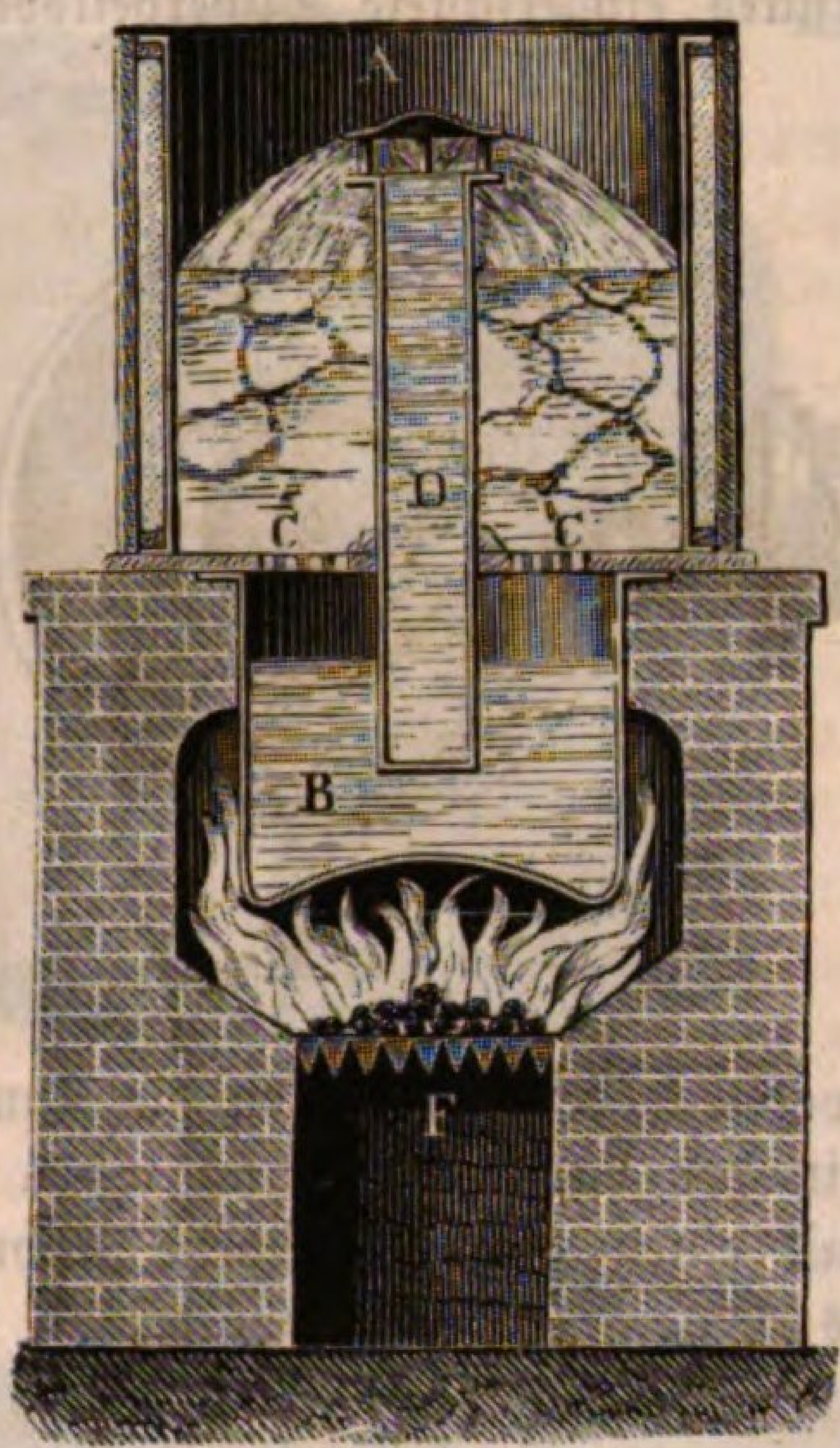
Man sieht hieraus, daß die Baumwollenfaser nicht so leicht zerstörbar ist. Die Bleicher wenden aber niemals so starke Lösungen an, da sie mit schwächeren schon dieselben und vielleicht bessere Resultate erhalten.

Zum Bäuchen wendet man verschiedene Arten von Kesseln an. Erstens die, welche direct durch Feuer oder durch Dampf geheizt werden und in denen die Flüssigkeit mit den Stoffen in unmittelbarer Berührung ist. Zweitens solche, in denen die Laugen in einem besonderen Gefäß erhitzt werden, von dem aus sie sich über die Stoffe ergießen und von dort wieder in das erste Gefäß zurückfließen. In allen großen Etablissements wendet man jetzt nur Wasserdämpfe zum Erwärmen der Flüssigkeiten an, da man mit einem Dampfkessel, der außerdem zum Treiben der Maschinen erforderlich ist, alle Operationen verrichten kann. In kleineren Bleichereien ist es indessen vortheilhafter, die Kessel unmittelbar durch Feuer zu heizen. Die erste Art der Apparate ist jetzt gänzlich außer Gebrauch gekommen, da sie viele Nachtheile besaß. Man konnte die Wärme nicht gleichmäßig genug reguliren, einzelne Stellen des Zeuges wurden überhitzt, andere erhielten nicht genug Wärme. Man vermied dieses, indem man die folgenden Bäuchkessel construirte.

Der einfachste dieser Apparate ist in Fig. 246 dargestellt. Er besteht aus zwei Theilen, der obere *A* dient zur Aufnahme der Stoffe, der untere *B* ist der Kessel, in dem die Lauge erhitzt wird. Beide Theile werden durch den kupfernen oder eisernen Rost *CC* getrennt; dieser hat in der Mitte eine Oeffnung, in die das Rohr *D* eingefügt wird. Die Stoffe, welche gebäucht werden sollen, werden auf den Rost *C* gelegt und versperren daher den Dämpfen, die sich beim Sieden der Flüssigkeit im Kessel *B* entwickeln, den Ausgang. Der einzige Weg, welcher ihnen übrig bleibt, ist die Röhre *D*, diese ist aber durch die Flüssigkeit abgesperrt. Die sich immer mehr und mehr entwickelnden Dämpfe überwinden indessen diesen Druck bald, sie treiben die Flüssigkeit in die oben offene Röhre und gelangen ins Freie, während die Flüssigkeit, durch die über dem Rohre angebrachte runde Schale gleichmäßig vertheilt, über das Zeug fließt. Die Flüssigkeit im Kessel hat dann keinen Druck mehr zu überwinden und kann daher ruhig sieden, bis die Lauge durch das Zeug hindurchgeflossen ist und das Rohr wieder versperrt. Dieses kann aber keine Störung mehr hervorbringen, da die Lauge nur allmälig in den unteren Kessel gelangt und sofort

in kleinen Mengen durch das Rohr D entfernt wird. Der obere Theil des Kessels kann aus Holz oder Eisenblech angefertigt sein. Wenn man das letztere Material

Fig. 246.

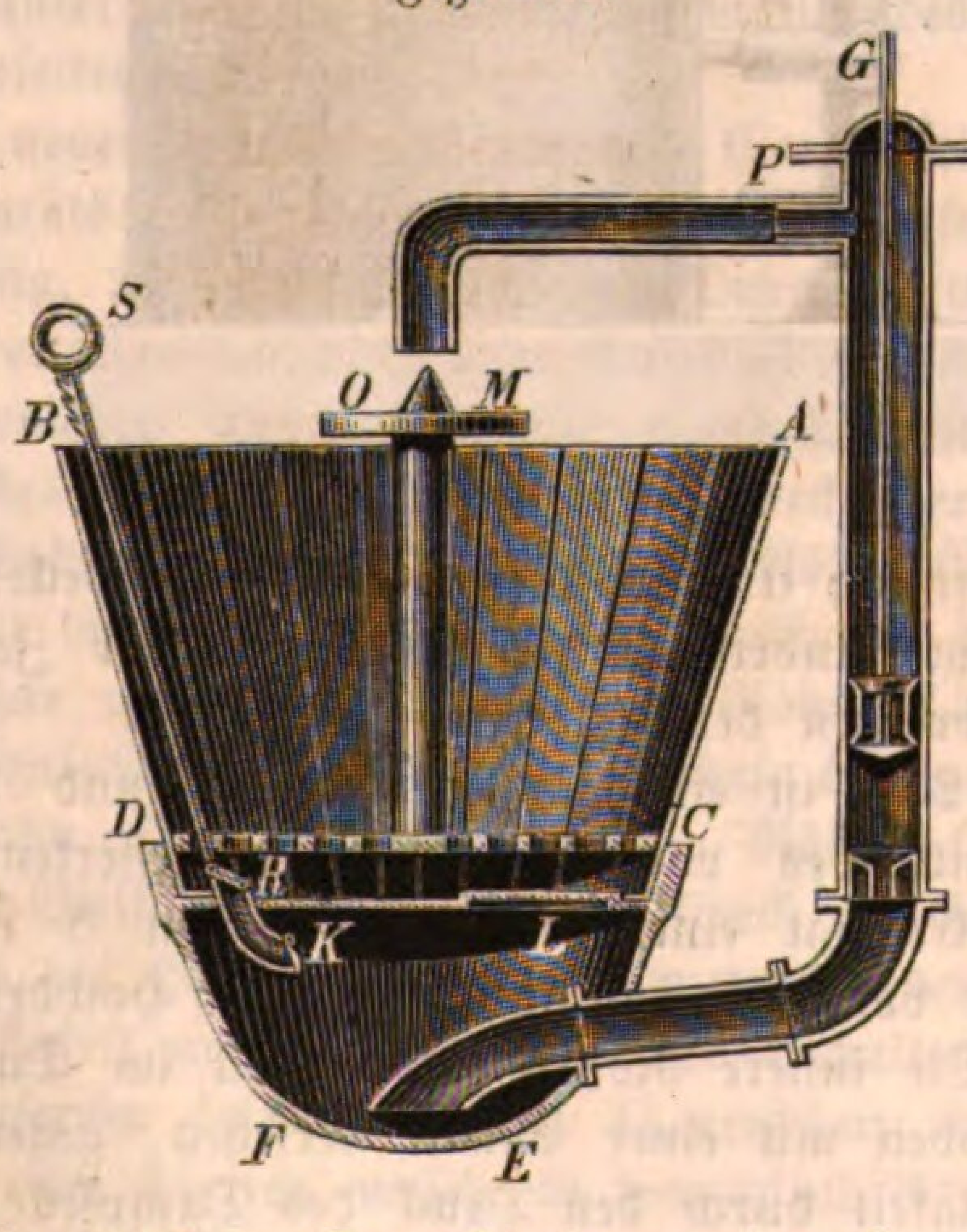


wählt, so umgiebt man es gewöhnlich mit einem Mantel von Holz und füllt den Zwischenraum mit Sägespänen oder Holzkohlenpulver aus, um möglichst wenig Wärme durch Ausstrahlung zu verlieren. Den unteren Theil des Kessels macht man gewöhnlich von Kupfer.

Die Dauer des ersten Bäuchens ist gewöhnlich 8 Stunden. Manche glauben aber, es sei erforderlich, es 14 bis 15 Stunden fortzusetzen. Nach Beendigung der Operation läßt man die Flüssigkeit durch einen Hahn am Boden des Kessels ab und bringt die Zeuge in das Waschrad.

Laurie in Glasgow brachte eine Modification am obigen Apparate an und construirte den Bäuchkessel,

Fig. 247.



der in Fig. 247 im Durchschnitt gegeben ist. $ABCD$ ist ein großer hölzerner Bottich, der das Zeug enthält, er ist bei D und C auf dem kupfernen oder gußeisernen Kessel $DFEC$ befestigt. Dieser Kessel ist durch eine Platte aus demselben Metall von dem oberen Kessel abgesperrt und communicirt mit diesem durch die Röhre K. Die Lauge wird in dem Metallkessel erhitzt und gelangt durch die Pumpe G und das Rohr P in den hölzernen Bottich. MO ist eine Metallplatte, auf die die Lauge fällt und durch die sie über das ganze Zeug verbreitet wird. Das Zeug wird auf einen falschen Boden in den Bottich gelegt, darauf erhitzt man den Kessel und setzt die Pumpe in Bewegung, sobald die Flüssigkeit dem Siedpunkt nahe ist. Man kann die Pumpe aber bald wieder still stehen lassen, da die Flüssigkeit sich selbst den Weg bahnt, sobald eine hinreichende Menge Dampf entwickelt wird. Wenn die Stoffe im Bottich mit Flüssigkeit bedeckt sind, öffnet man das Ventil R, welches die Röhre K verschließt, durch den Griff S und läßt die Lauge wieder zurückfließen und so fort, bis das Bäuchen beendigt ist.

Ein anderer, dem vorigen ähnlicher Apparat ist in Fig. 248 bis 252 dargestellt; er ist von Robeson in Newport construirt.

Fig. 248.

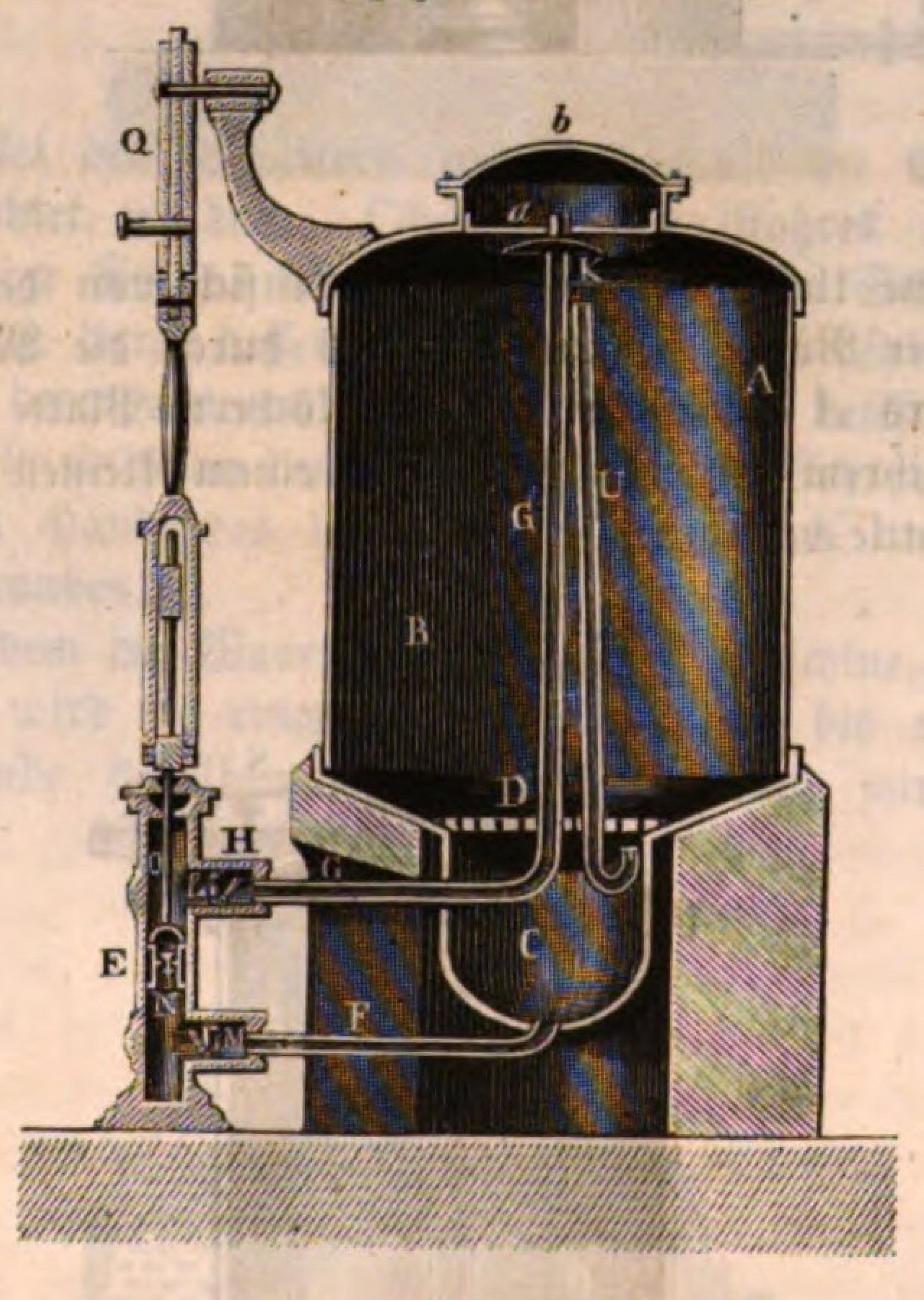


Fig. 248 stellt den Apparat in der Seitenansicht, Fig. 249 in der Endansicht, Fig. 250 im senkrechten Querdurchschnitt, Fig. 251 in der oberen Ansicht und Fig. 252 in äußerer Ansicht dar. Gleiche Buchstaben bedeuten gleiche Theile.

A ist ein geschlossener kupferner Behälter, welcher mittelst einer durchlöcherten Scheidewand D in zwei Kammern getheilt ist. E ist eine Druckpumpe, deren Eingangsröhre F mit einer Oeffnung des unteren Theils der Kammer C in Verbindung steht. Die Ausgangsröhre G der Druckpumpe tritt aus der oberen Ventilkammer H der Druckpumpe durch die Seite der Kammer C und erstreckt sich aufwärts durch die Mitte der Kammer B bis nahe an den Deckel des letzteren, wo ihre Mündung von einem meniscusförmigen Deflector bedeckt ist. LM sind die Ventile der Druckpumpe, N ihr Kolben; O die Kolbenstange, welche durch ein an der Achse Q befestigtes Excentrik in auf- und niedergehende Bewegung gesetzt

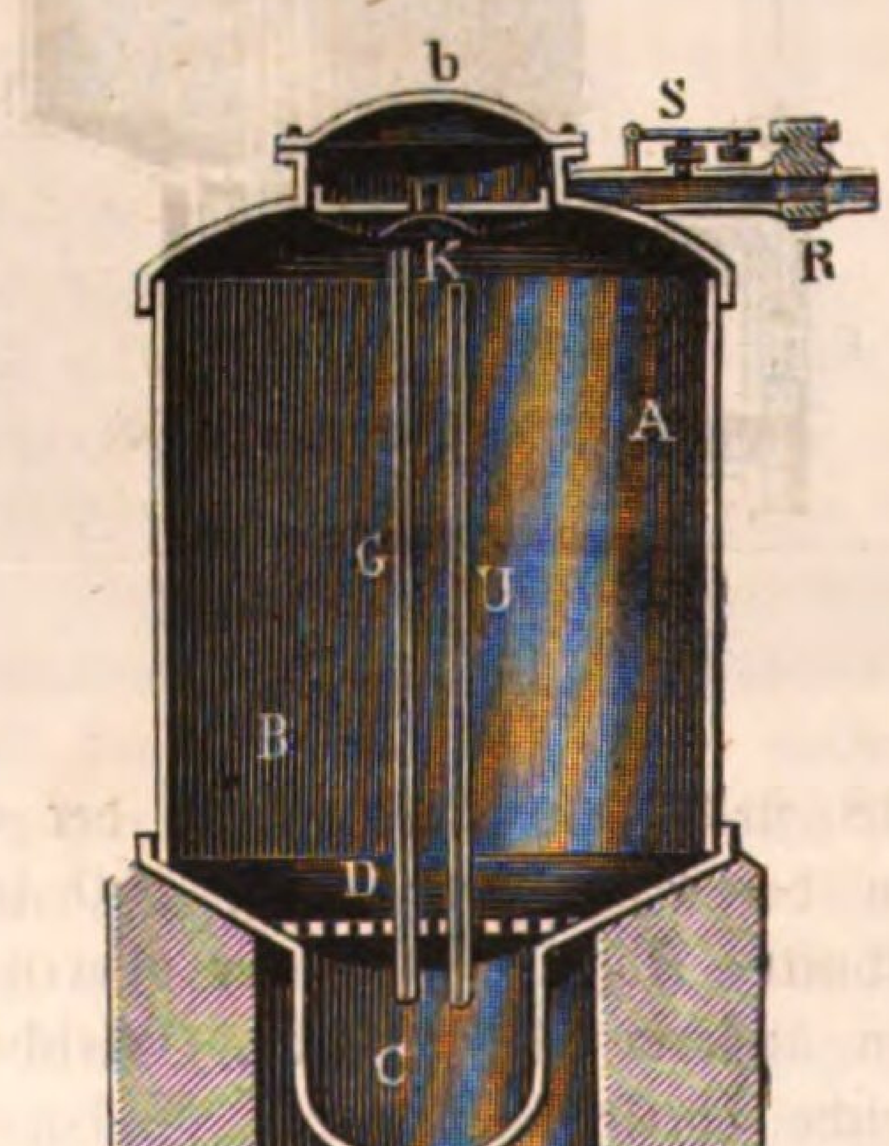
wird. In den oberen Theil des Behälters *A* führt von einem Kessel aus eine Dampfröhre *R*, welche mit einem Sicherheitsventile *S* und einem Hahn versehen

Fig. 249.



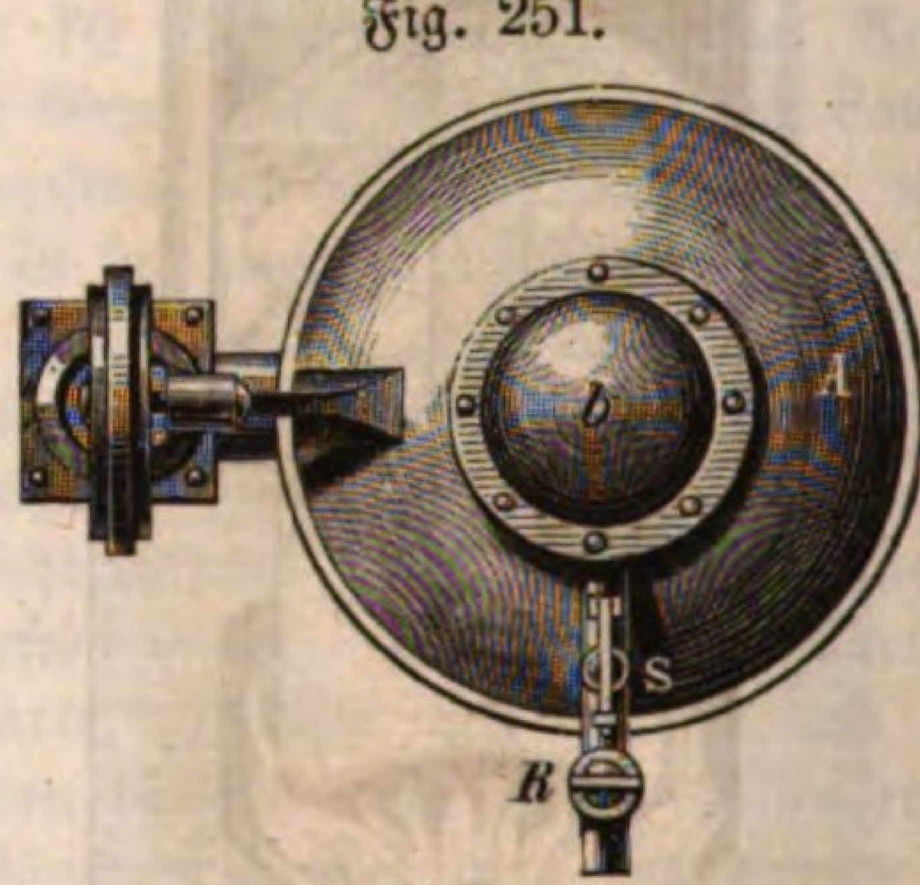
ist. Eine kleine Röhre *U* erstreckt sich von der Mündung der Röhre *G* aus abwärts durch die Mitte des Behälters *A* bis unter die durchlöcherte Platte *D* und ist an ihrem unteren Ende mit einem kleinen Sicherheitsventile versehen.

Fig. 250.



Die zu bäuchenden Zeuge werden rings um die Röhren *G* und *U* in die Kammer *B* des Behälters *A* gelegt und bis zur oberen Mündung der Röhre *U* aufgeschichtet. Die Lauge kommt in die Kammer *C*, welche nach Umständen erwärmt wird oder nicht. Setzt man die Druckpumpe in Bewegung, so wird die heiße Flüssigkeit der Kammer *C* aufgesaugt und durch die Röhre *G* gegen den Deflector *K* gedrückt, welcher sie über die Oberfläche der Zeuge vertheilt. Läßt man nun Dampf durch die Röhre *R* in die Kammer *B* strömen, so drückt er gegen die Zeuge und die darüberstehende Lauge und preßt letztere rasch durch die Zeuge in die Kammer *C*. Sollte der Dampfdruck die vorgeschriebene Grenze überschreiten, so öffnet sich das auf das Maximum des Druckes eingerichtete Sicherheitsventil an der

Fig. 251.



Röhre *U*, wodurch der Dampf in die Kammer *C* entweicht und in der Lauge verdichtet wird. Eine nicht abgebildete mit einem Hahn versehene Röhre dient zum Entleeren des Kessels *C*; der Behälter *A* ist oben mit

Fig. 252.



einer Oeffnung *a* und diese mit einem Deckel *b* versehen, zum Einbringen der Lauge und der Zeuge und zum Ausbringen der letzteren.

Fig. 253 ist eine äußere Ansicht und 254 ein Durchschnitt des von Graham verbesserten Bäuchkessels. Er hat einen Durchmesser von 8 Fuß und eine Höhe von 6½ Fuß und wird durch Hochdruckdampf erhitzt. Die innere Röhre hat 8 Zoll im Durchmesser und ist oben mit einer Schale versehen, gegen welche die Flüssigkeit durch den Druck des Dampfes getrieben wird. Während des Gebrauchs verschließt man den Kessel durch einen luftdicht passenden Deckel, der mit einem Sicherheitsventil versehen ist. Die Dauer des Bäuchens beträgt 15 Stunden.

Dieser Bäuchapparat unterscheidet sich daher im Wesentlichen von dem in Fig. 246 dargestellten nur dadurch, daß die Dämpfe, welche dazu dienen, die Lauge

Fig. 253.

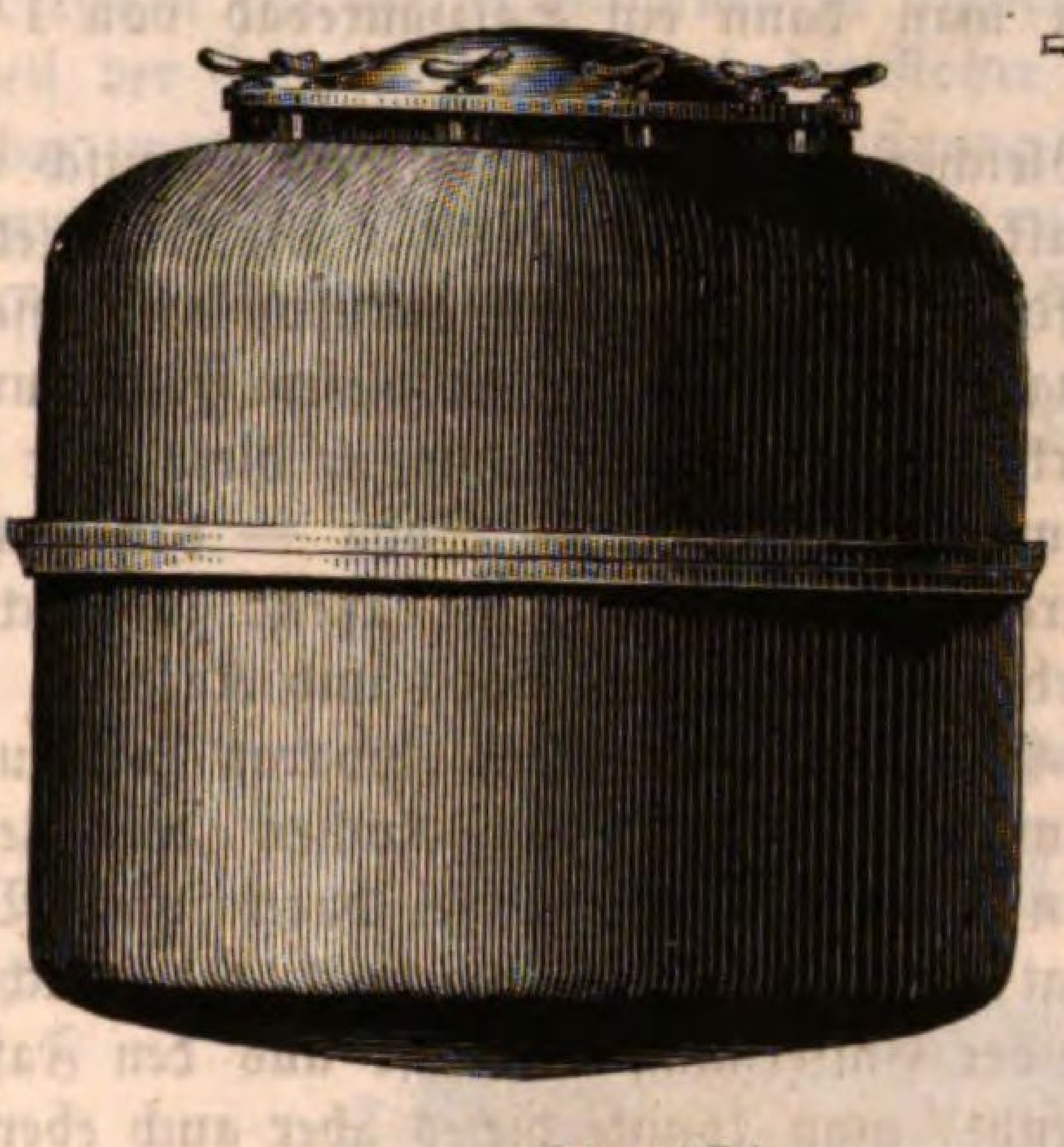
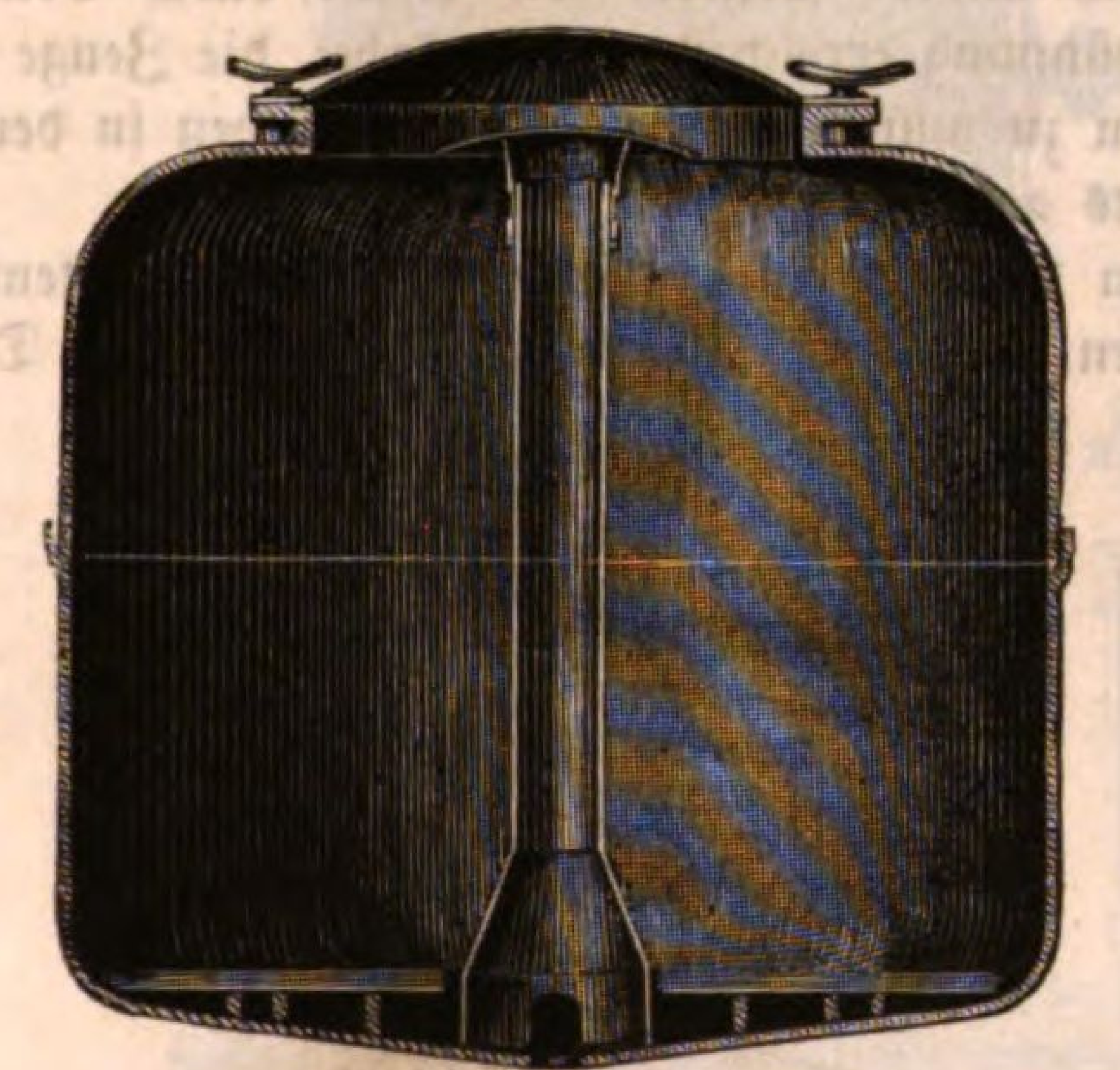


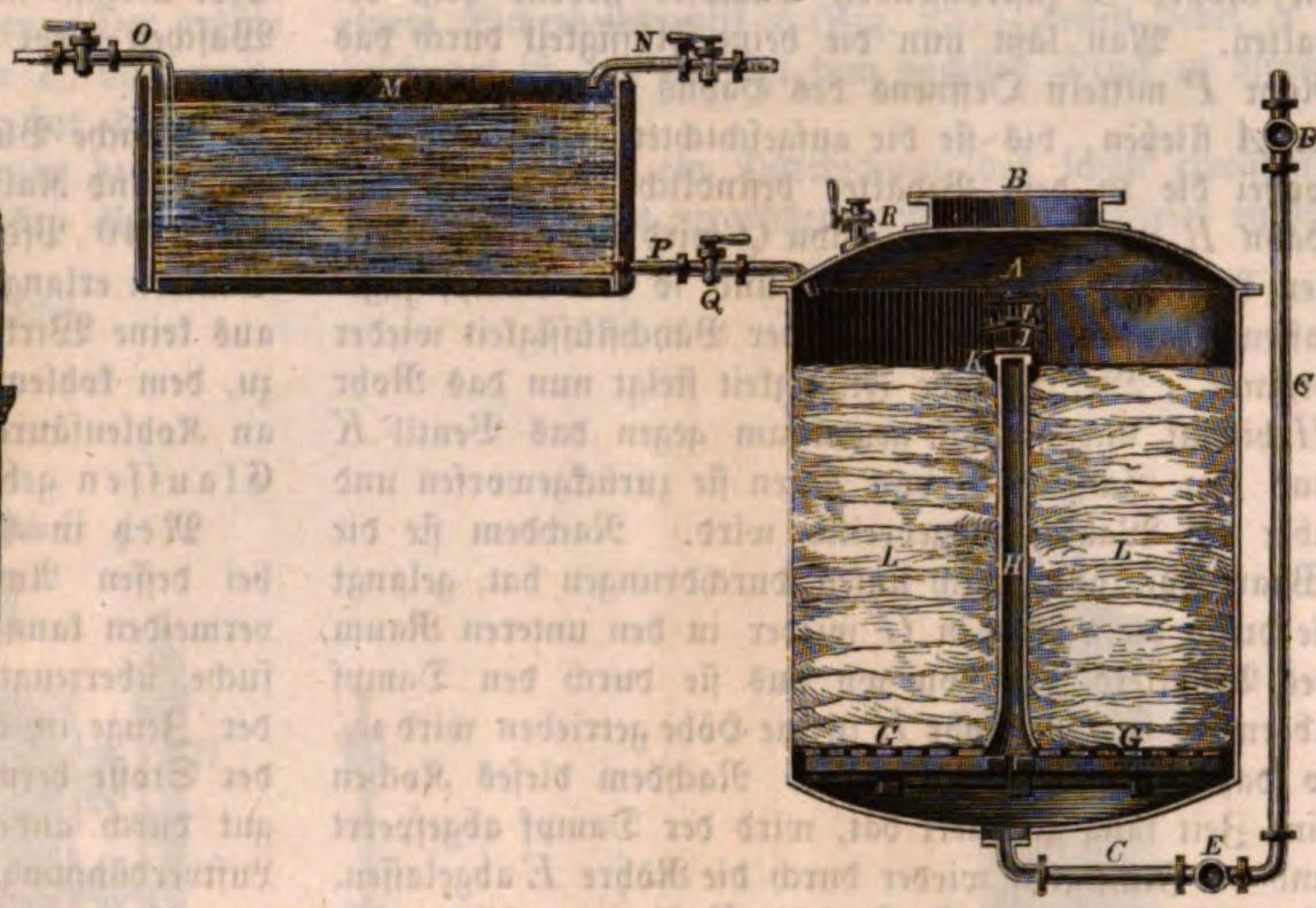
Fig. 254.



über die Zeuge zu verbreiten, nicht durch directe Feuerung des Wassers entwickelt, sondern durch ein im unteren Theile, unter dem falschen Boden mündendes Dampfrohr zugeleitet werden.

Eine neuere und vervollkommnete Construction desselben Apparats nach Kay ist in Fig. 255 im senkrechten und in Fig. 256 im horizontalen Durchschnitte dargestellt. Der Bäuchcylinder oder Kessel A ist derselbe wie bei dem vorigen Apparate, seine obere Oeffnung wird während des Bäuchens bei B mit einem Deckel verschlossen. In den Boden des Behälters tritt die Röhre C. Diese ist mit der durch den Hahn D verschließbaren verticalen Dampfröhre verbunden. Von der Röhre C erstreckt sich in seitlicher Richtung eine Röhre E, welche mit einem Hahn F versehen ist. Die Röhre C erfüllt auf diese Weise einen doppelten Zweck, sie leitet den Dampf in den Behälter und die gebrauchte oder unreine Bäuchflüssigkeit aus demselben. Der Behälter ist mit dem gußeisernen falschen Boden G versehen; dieser besteht aus zwei Theilen, welche in den cylindrischen Theil des Behälters passen und auf dem kurzen an die untere Seite gegossenen Fuß ruhen; er ist mit rechteckigen Oeffnungen versehen, welche dem Dampf und der Bäuchflüssigkeit den Durchgang gestatten. In seiner Mitte hat der Boden G eine große Oeffnung, an deren Rand das Rohr H geschraubt ist; dieses ist an seinem unteren Ende conisch und erstreckt sich aufwärts bis nahe an

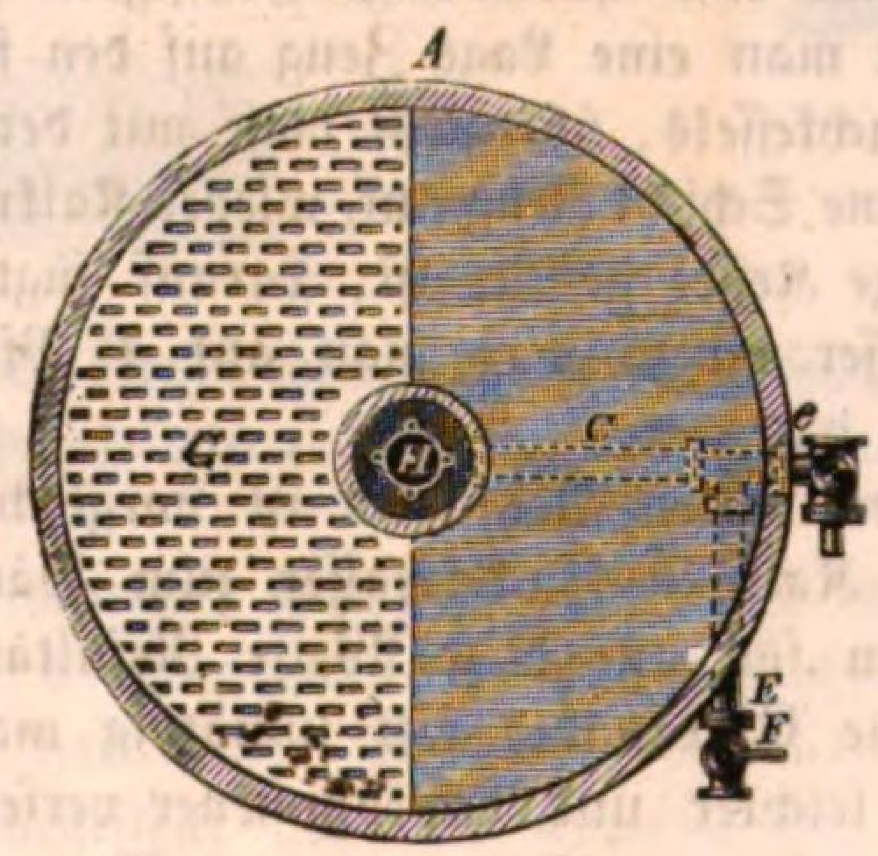
Fig. 255.



den Deckel des Behälters und höher als die Gewebe aufgeschichtet werden. Oberhalb des Rohres H ist, durch kurze Stäbe mit ihm verbunden, der Schirm I angeordnet, durch dessen Mitte eine Schraubenspindel J geht, an deren unterem Ende das Ventil K befestigt ist. Mit Hülfe eines an dem oberen Ende der Schraube befindlichen Handrades läßt sich das Ventil K auf- und niederschrauben.

Nachdem die Waare durch die Waschmaschine gegangen ist, wird sie rings um das Rohr H bis an das obere Ende desselben aufgeschichtet. Dann wird der

Fig. 256.



Deckel aufgesetzt und das Ventil K heruntergeschraubt, so daß die obere Mündung von H geschlossen wird. Durch Oeffnen des Hahns D läßt man nun Dampf hinzutreten; dieser strömt durch den falschen Boden G, durchdringt die Waare und feuchtet sie an. Wenn die Waare in dieser Weise durch und durch mit Feuchtigkeit gesättigt ist, so sperrt man den Dampf ab, entfernt den Deckel, schraubt das Ventil K in die Höhe und bringt den Deckel sodann wieder an seine Stelle. Die Waare ist nun zur Aufnahme der bäuchenden Flüssigkeit bereit. Neben dem Behälter A ist der Kasten M angebracht, welcher einen Vorrath der Flüssigkeit enthält, die je nach

dem Zweck und der zu behandelnden Waare aus Aetznatronlauge oder einer anderen Substanz besteht. Die Flüssigkeit wird dem Behälter *M* durch die Röhre *N* zugeführt und der Inhalt von *M* wird mittelst des durch die Röhre *O* zuströmenden Dampfes siedend heiß erhalten. Man läßt nun die heiße Flüssigkeit durch das Rohr *P* mittelst Oeffnens des Hahns *Q* in den Behälter *A* fließen, bis sie die aufgeschichtete Waare bedeckt, wobei die in dem Behälter befindliche Luft durch den Hahn *R* entweicht. Der Hahn *Q* wird dann abgesperrt, der Hahn *D* wieder geöffnet und so der Dampf zugelassen, wodurch das Sieden der Bäuchflüssigkeit wieder beginnt. Die kochende Flüssigkeit steigt nun das Rohr *H* hinauf und schlägt gewaltsam gegen das Ventil *K* und den Schirm *I*, von denen sie zurückgeworfen und über die Waare ausgebreitet wird. Nachdem sie die Waare von oben nach unten durchdrungen hat, gelangt sie durch die Löcher in *G* wieder in den unteren Raum des Behälters *A*, von wo aus sie durch den Dampf abermals in dem Rohr *H* in die Höhe getrieben wird &c., so daß sie beständig circulirt. Nachdem dieses Kochen eine Zeit lang gedauert hat, wird der Dampf abgesperrt und die Flüssigkeit wieder durch die Röhre *E* abgelassen. Nach Entfernung des Deckels *B* können alsdann die Gewebe aus dem Behälter genommen werden. Die Flüssigkeit gelangt, wenn sie noch brauchbar ist, wieder nach *M*. Mittelst dieses Apparats wird die Waare in sehr wirksamer Weise der Einwirkung der Flüssigkeit ausgesetzt und bekommt nicht Flecken, wie es sonst oft bei den oberen Stücken der Fall ist.

Die Quantität des beim Bäuchen angewandten Aetzkalkes variirt sehr, man nimmt gewöhnlich 3, aber manchmal auch 7 Procent vom Gewichte des Zeuges. Man wendet ihn in Form von Kalkmilch an, die man bereitet, indem man frisch gebrannten Kalk in einem besonderen Behälter mit so viel Wasser löscht, als erforderlich ist, um eine milchartige Flüssigkeit zu erhalten. Dann bringt man eine Lage Zeug auf den falschen Boden des Bäuchkessels, übergießt diese mit der Kalkmilch, legt wieder eine Schicht Zeug auf, wieder Kalkmilch u. s. f., bis der ganze Kessel gefüllt ist, darauf fügt man noch so viel Wasser hinzu, daß man auf 4 Pfd. Zeug 10 Pfd. Wasser hat.

Statt des reinen Aetzkalkes ist vorgeschlagen, eine Lösung von Kalk in Zuckerwasser zum Bäuchen anzuwenden; man soll auf diese Weise Resultate erhalten, die später die Chlorbäder fast unnöthig machen. Die Fette sollen leichter und vollkommener verseift und die Zeuge weniger angegriffen werden. Man bringt 200 Stücke Zeug, von denen jedes 14 Pfd. wiegt, in einen großen Bottich, läßt während derselben Zeit 40 Pfd. Kalk in Form von Milch darüber fließen und giebt dann so viel Wasser hinzu, daß dieses ungefähr einen Fuß hoch über den Stoffen steht. Dann setzt man den Zuckerkalk zu, den man bereitet, indem man 50 Pfd. gebrannten Kalk mit 108 Pfd. heißem Wasser zu einer Milch löscht und dann 15 Pfd. Melasse, die mit 36 Pfd. heißem Wasser angerührt ist, hinzumischt. Der Bäuchbottich wird dann luftdicht zugeschroben und die Flüssigkeit erhitzt, so daß sie ungefähr nach 2 Stunden ins Kochen kommt; das Sicherheitsventil des Kessels ist auf $1\frac{1}{2}$ Atmosphären Druck belastet; das Sieden wird 8 Stunden lang fortgesetzt.

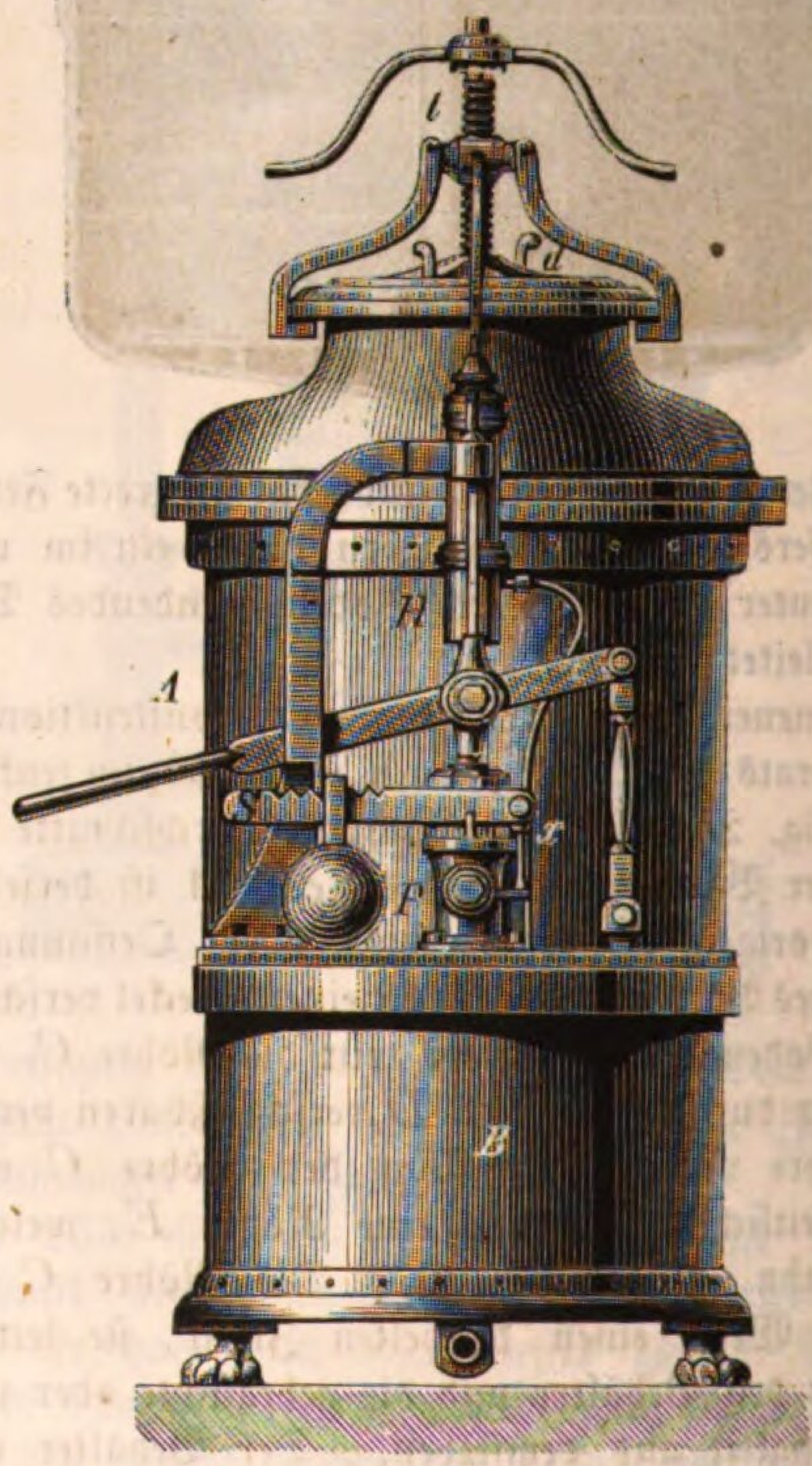
Darauf wäscht man und wiederholt dieselbe Operation, wobei man aber nur 30 Pfd. Aetzkalk und 10 Pfd. Melasse anwendet. Nach gründlichem zweimaligen Waschen giebt man dann ein Salzsäurebad von $1\frac{1}{2}^0$ Beaumé.

Manche Bleicher nehmen statt Kalk ein Gemisch von Soda und Kalk, und zwar 55 bis 65 Pfd. von jedem auf 2240 Pfd. Zeug und wollen dadurch ein besseres Bäuchen erlangen. Der Kalk hat in diesem Falle durchaus keine Wirkung auf die Gespinnste, er dient nur dazu, dem kohlensauren Natron — Soda — den Gehalt an Kohlensäure zu entziehen und sie ätzend zu machen. Claussen gebraucht kaustische Soda und Kalk.

Metz in Heidelberg hat einen Apparat construirt, bei dessen Anwendung man das Kochen der Zeuge vermeiden kann; er führt an, er sei durch viele Versuche überzeugt, daß der Hauptvortheil des Kochens der Zeuge in der Entfernung der Luft aus den Fasern der Stoffe beruhe; man könnte dieses aber auch eben so gut durch andere Mittel, wie z. B. durch Druck oder Luftverdünnung erreichen, ohne dabei die Zeuge so sehr angreifen zu müssen, wie es beim Bäuchen in der Siedhitze stets geschähe.

Sein Apparat zum Bäuchen unter erhöhetem Druck ist in den Fig. 257, 258 u. 259 dargestellt. Die erste

Fig. 257.



ist eine äußere Ansicht, die zweite ein Durchschnitt rechtwinklig gegen die vorige Zeichnung und die letzte ein Durchschnitt des Instrumentes, welches den Druck regulirt. Der Apparat besteht aus zwei cylindrischen Behältern aus Kupfer oder Eisenplatten, die auf einem

gemeinschaftlichen Fundament befestigt sind. Die Zeuge werden durch eine Oeffnung in den Behälter A gebracht und dann der Deckel d mittelst der Schraube I luftdicht befestigt. Auf dem Boden des Cylinders liegt eine durchlöcherte Platte C, die mit einem Griffe p versehen ist, um sie entfernen zu können. Der größte Theil der Luft entweicht durch die Röhre F, die unmittelbar unter dem Deckel d eine Oeffnung hat, durch den Regulator H in das Gefäß B, sobald man den Cylinder durch die Röhren OO mit Wasser füllt. Ueber dem Behälter B ist die Druckpumpe P befestigt. Diese erhält ihr Wasser durch die Saugröhre b, die bei i siebförmig durchlöchert ist, damit keine Unreinigkeiten eintreten können, und preßt es durch die Röhre n und OO in den mit Zeug gefüllten Behälter. Die Pumpe ist mit einem Sicherheitsventil x (Fig. 257), dessen Hebel S so beschwert ist, um sich bei dem höchsten Druck zu öffnen, versehen.

Fig. 259 ist ein Durchschnitt des schon erwähnten Regulators H im vergrößerten Maßstabe. Dieser enthält

Fig. 258.

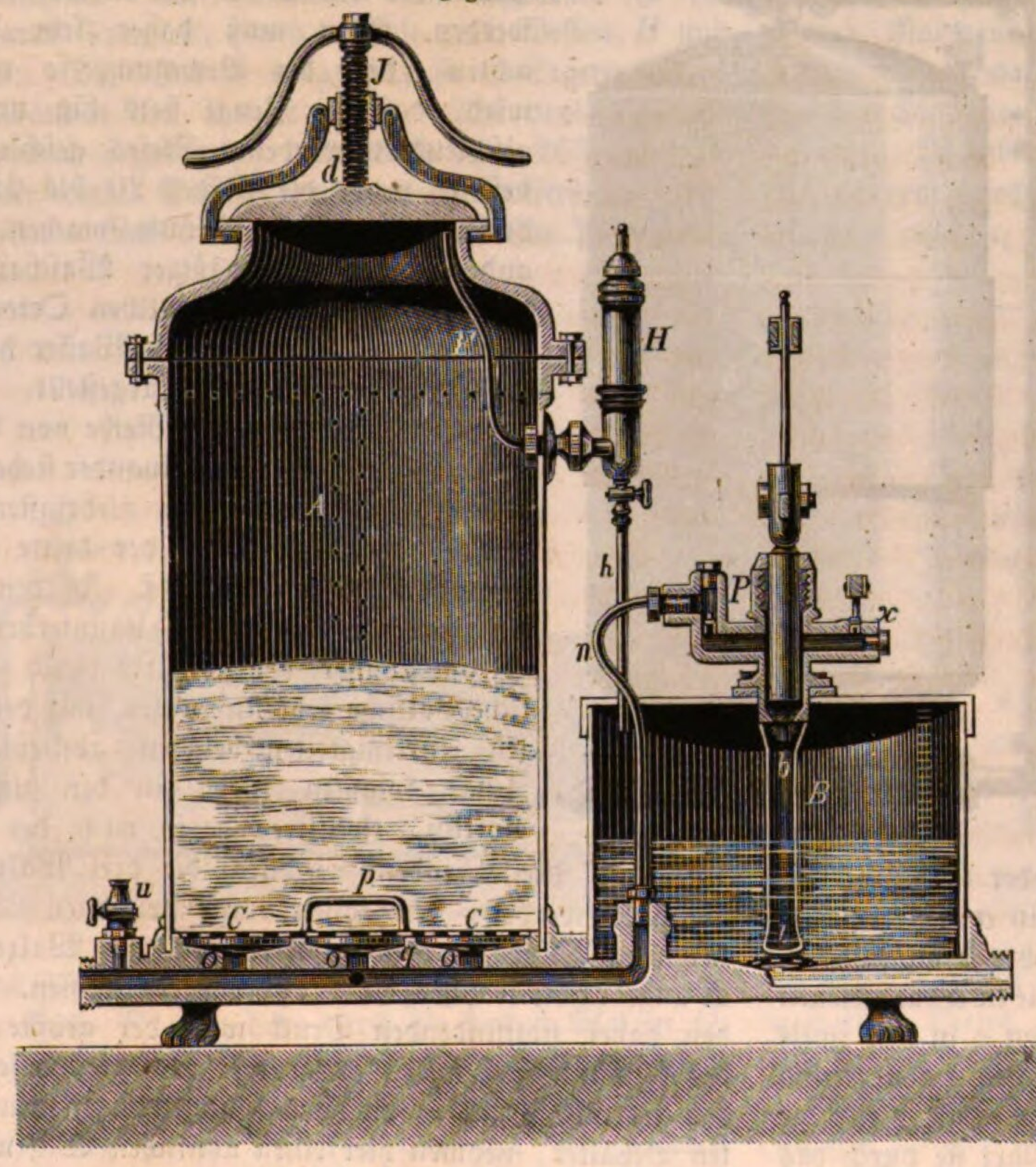


Fig. 259.

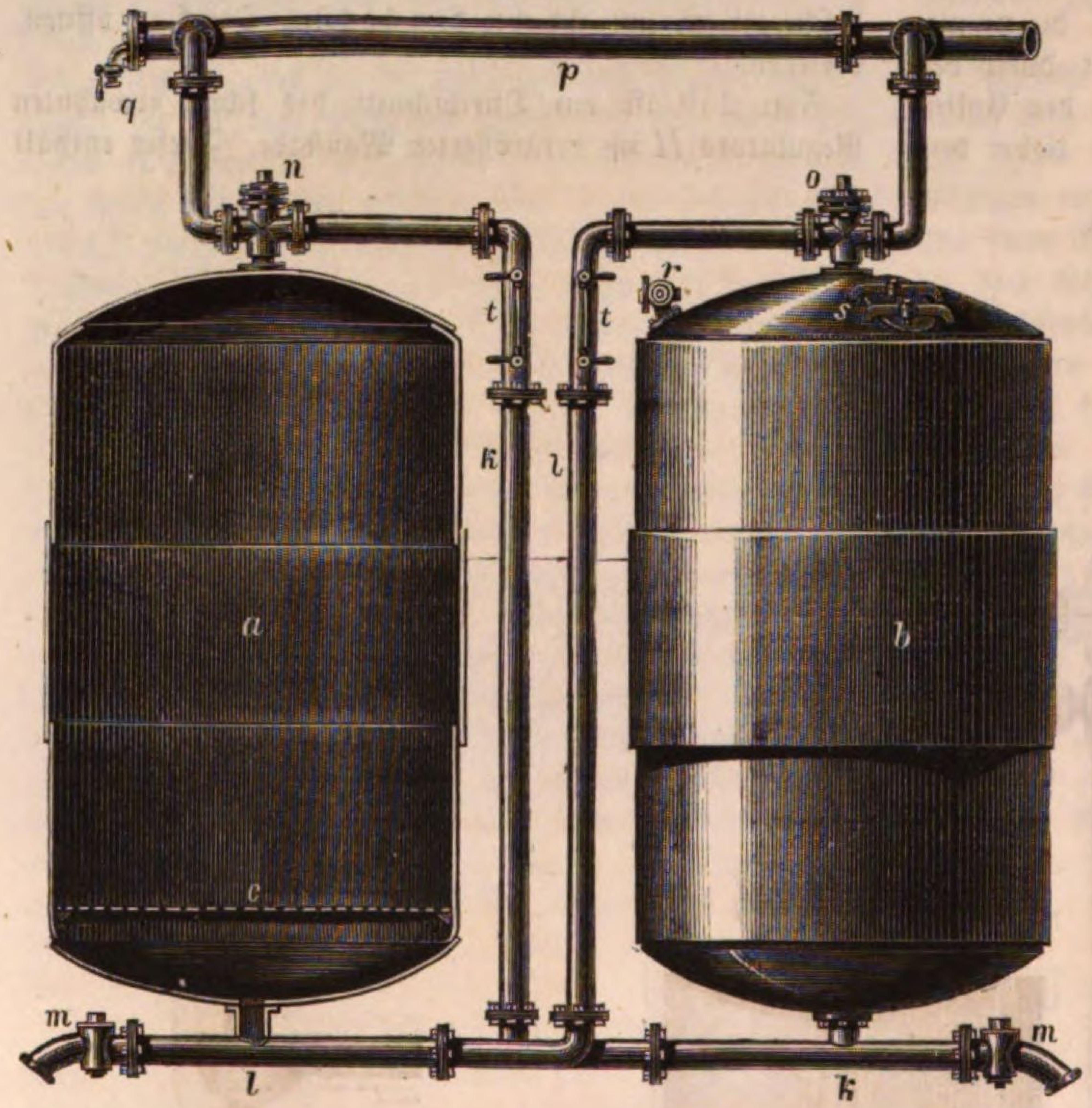


ein conisches Ventil a, welches, sobald es in die Höhe getrieben wird, gegen das Piston c drückt. Das Piston bewegt sich in der Büchse d und hat einen Ring e, auf dem das eine Ende der Spirale f ruht, das andere Ende der Feder stößt gegen die obere Büchse b, die den Cylinder verschließt und durch die das Piston geht. Der obere Theil des Pistons ist graduirt und zeigt daher je nach der Länge des aus dem Cylinder herausragenden Theiles an, wie groß der auf das Ventil a wirkende Druck ist. Man schließt den Hahn, welcher an der Röhre h angebracht ist, sobald man den Cylinder A so weit mit Wasser gefüllt hat, daß dieses aus h ausfließt. Dann kann nichts mehr aus dem Apparate entweichen, man fährt fort zu pumpen und übt dadurch einen solchen Druck auf die Fasern aus, daß diese die Luft, welche in ihren Poren und Gefäßen enthalten ist, abgeben. Durch den Regulator erfährt man, einen wie starken Druck man ausübt, und richtet danach die Dauer des Pumpens. Der Patentträger versichert, daß ein lange fortgesetzter Druck keine nachtheiligen Folgen habe, und daß ein Zusatz von etwas Kalk die späteren Operationen erleichtere.

Von sonstigen Bäuchapparaten ist namentlich noch Barlow's Dampfbäuchapparat zu erwähnen, der in Fig. 260 nach einer Zeichnung in Ure's Dictionary Bd. I. dargestellt ist. Er unterscheidet sich namentlich dadurch von allen anderen, daß er ein Doppelapparat ist mit zwei Bäuchcylindern, die so mit einander verbunden sind, daß die Flüssigkeit durch Dampfdruck abwechselnd aus dem einen in den anderen getrieben werden kann. a und b sind die beiden Cylinder, von denen der eine im Durchschnitt, der andere in äußerer Ansicht gezeichnet ist; sie werden aus starkem Kesselblech angefertigt. c ist ein falscher Boden, auf den die zu bäuchenden Stoffe gelegt werden. Das Rohr k verbindet den Boden von b mit dem oberen Theile von a, ebenso verbindet das Rohr ll den Boden von a mit dem oberen Theile von a. Die beiden mit den Röhren k und l verbundenen

Hähne $m\,m$ dienen zum Entleeren der Flüssigkeit. Die Wechselhähne n und o dienen dazu, um je nach ihrer Stellung aus dem Hauptrohre p Dampf in den einen oder den anderen Apparat strömen zu lassen und dann

Fig. 260.



die Verbindung mit dem Rohre k oder l abzusperren. Läßt man durch den Hahn n Dampf in a eintreten, so ist damit die Verbindung mit dem Rohre k aufgehoben, der Dampf preßt die Flüssigkeit durch die in a enthaltenen Zeuge durch das Rohr l und den Hahn o in den zweiten Apparat. Verschließt man dann den Hahn n und öffnet den Hahn o für den Dampf, so drückt dieser die Flüssigkeit durch die Zeuge in b und führt sie durch das Rohr k und den Hahn n nach a zurück, so daß man durch wechselndes Oeffnen und Schließen der Hähne die Flüssigkeit beliebig oft aus dem einen in den anderen Cylinder bringen kann.

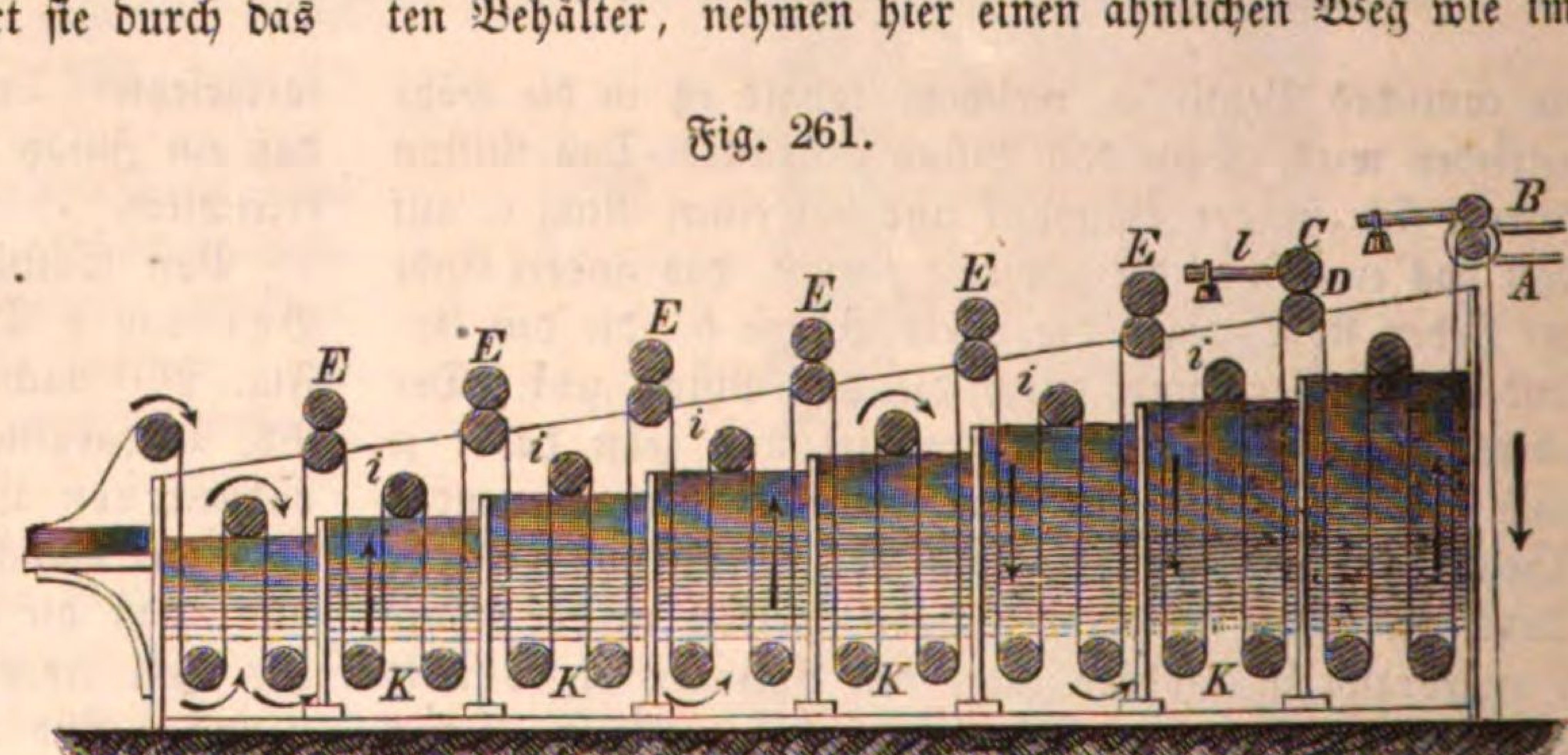
Der Hahn q dient zum Abblasen des Dampfes, das Rohr und der Hahn r zum Zuleiten der Flüssigkeit. Am oberen Theile der Cylinder ist ein Mannloch s angebracht, zum Einbringen der Stoffe; es kann durch eine Platte und Bügelschrauben dampfdicht verschlossen werden. Zwei an den Röhren k und l angebrachte Wasserstandsröhren t lassen das Ueberströmen der Flüssigkeit aus dem einen in den anderen Cylinder beurtheilen.

Die Anwendung dieses Apparats werden wir unten näher beschreiben.

Nach dem Bäuchen werden die Stoffe wieder gewaschen, dieses geschieht entweder in den schon beschriebenen Waschrädern oder in anderen Apparaten. Die richtige Handhabung der Waschräder ist nicht ohne Schwierigkeiten, denn wenn sie zu langsam circuliren, so gleitet das Zeug langsam von einer Fläche auf die andere; ist die Bewegung dagegen zu schnell, so werden die Gewebe durch die Centrifugalkraft an die Peripherie des Rades getrieben und bleiben hier liegen, ohne daß man in dem einen oder anderen Falle seinen Zweck erreicht, der darin besteht, daß die Stoffe mit einer gewissen Gewalt von einer Platte des Rades auf die andere geworfen werden. Man muß daher sehr darauf achten, daß die Bewegung so regulirt wird, daß die Zeuge stets hin und her geschleudert werden. Dieses geschieht am besten, wenn die Räder 20 bis 22 Umdrehungen in der Minute machen. Ein anderer sehr zweckmäßiger Waschapparat, der sich vorzüglich an solchen Orten, wo man keinen Ueberfluß von Wasser hat, bewährt, ist in Fig. 261 dargestellt.

Er besteht aus einer Reihe von Behältern KKK, die neben einander stehen und von denen der erste am niedrigsten, der zweite höher als dieser, der dritte wieder höher als dieser ist u. s. f. In den größten Behälter fließt ein ununterbrochener Strom Wasser, der abwärts durch sämmtliche Bottiche geht und unten, mit den ganzen Unreinigkeiten beladen, abfließt. Die Zeuge kommen zuerst in den untersten Bottich, circuliren darin nach der Richtung der Pfeile, indem sie durch die drei Walzen gezwungen werden, den ihnen vorgeschriebenen Weg zu nehmen. Oberhalb des Behälters ist das Walzenpaar E angebracht, welches die Stoffe passiren müssen. Durch den dabei stattfindenden Druck wird der größte Theil des schmutzigen Wassers ausgepreßt und fließt wieder in den Bottich zurück. Von dort gelangen sie in den zweiten Behälter, nehmen hier einen ähnlichen Weg wie im

Fig. 261.



ersten, von dort wieder zwischen zwei Walzen E u. s. f., bis sie aus dem obersten Bottich heraus gelangen. Der ganze Apparat wird durch die beiden Walzenpaare AB und CD getrieben, die durch die Hebel ll fest zusammengedrückt und durch Maschinerie in Bewegung gesetzt werden. Bei Anwendung dieses Apparats kann man

sehr viel Zeug mit verhältnißmäßig wenig Wasser waschen, da das Auswaschen systematisch betrieben wird. Der Druck, dem die Zeuge ausgesetzt werden, ist aber so groß, daß sie bedeutend verlängert werden, manchmal bis zu 4 Proc. Es ist daher einleuchtend, daß man ihn nur für gröbere Stoffe anwenden kann, denn feinere Zeuge würden durch den Druck beschädigt werden.

Ein anderer Wasch- oder Walkapparat wurde von Bridson in Bolton le Moors in Lancashire erfunden. Er zeichnet sich durch große Einfachheit aus. Fig. 262 ist ein Längen- und Fig. 263 ein Querdurchschnitt dieser Maschine. Der Haupttheil des Apparats ist ein gußeiserner Trog *A*, durch den die zwei Wellen *B* und *C* gehen. Diese sind so lang, daß sie in Lagern in den Seitenwänden des Troges ruhen. Auf dem Ende ist ein Zahnrad angebracht, welches in Fig. 263 durch *E* bezeichnet wird. Sie werden durch ein zweites, in dieses eingreifendes Rad in Bewegung gesetzt. Im Innern des Troges trägt jede der beiden Wellen *B* und *C* je sechs runde Scheiben *H* und *I*, an deren Peripherie an jeder derselben zwei Pflöcke *JJ* befestigt sind. Letztere üben beim Waschen eine schlagende, walkende Bewegung auf das Zeug aus. In der Mitte des Troges steht zwischen jeder der Scheiben ein Pfeiler *T*, welcher das Zeug von der einen auf die andere leitet und Verschlingungen verhindert. Das Triebrad greift außerdem noch in die Zähne des Rades *K* ein und bewegt dadurch die untere Walze *L*, die dazu dient, das Zeug nach dem Waschen auszupressen, indem es durch das Walzenpaar *LL* passirt.

Die Walzen sind sehr groß und ruhen in dem gußeisernen Rahmenwerke *MM*, das von einem Fundamente, welches quer über den Trog geht, getragen wird. Die untere Walze wird durch das Zahnrad *K* bewegt. Die obere rotirt durch die Friction der unteren, sie können durch Schrauben einander genähert oder entfernt werden.

Fig. 262.

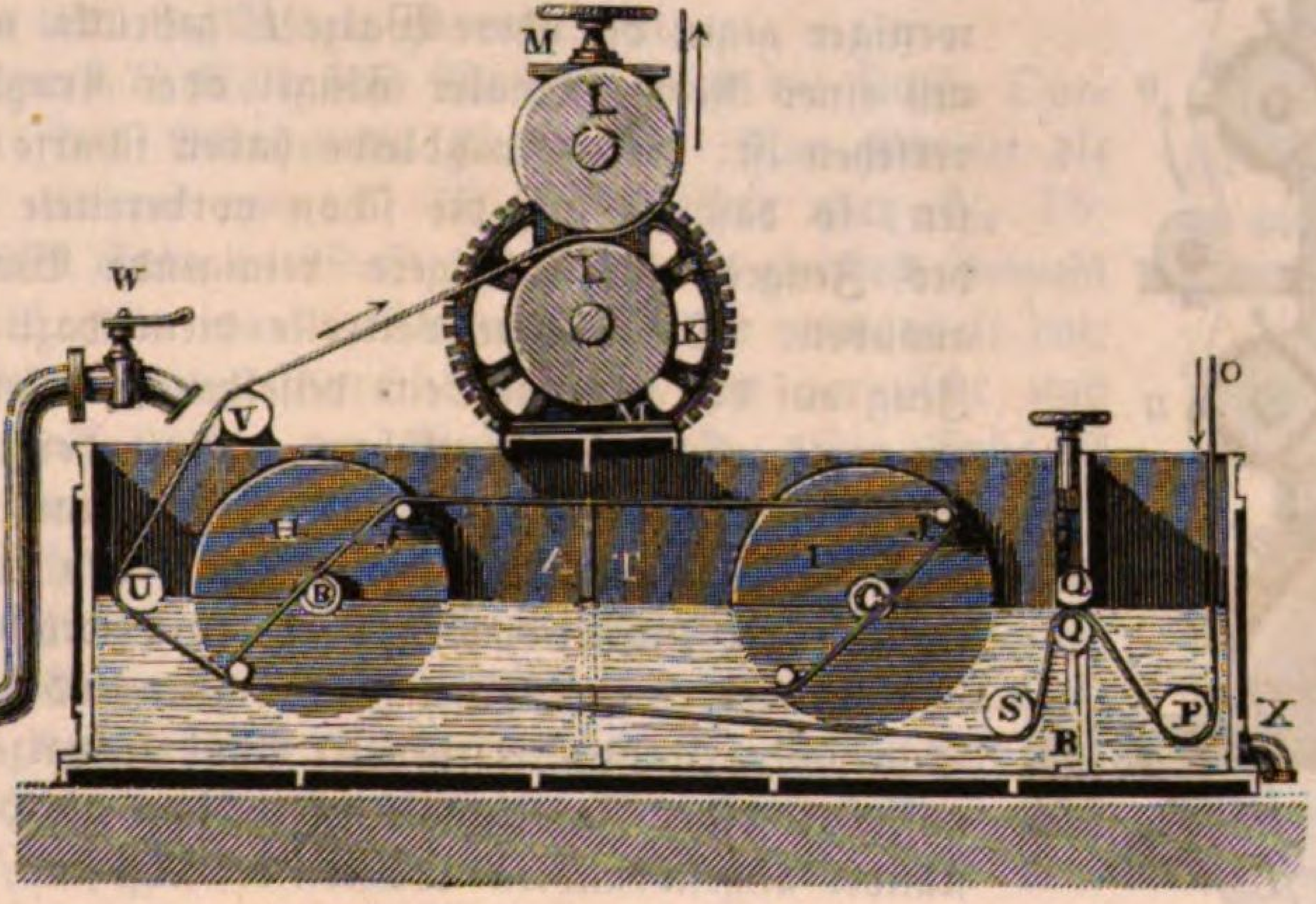
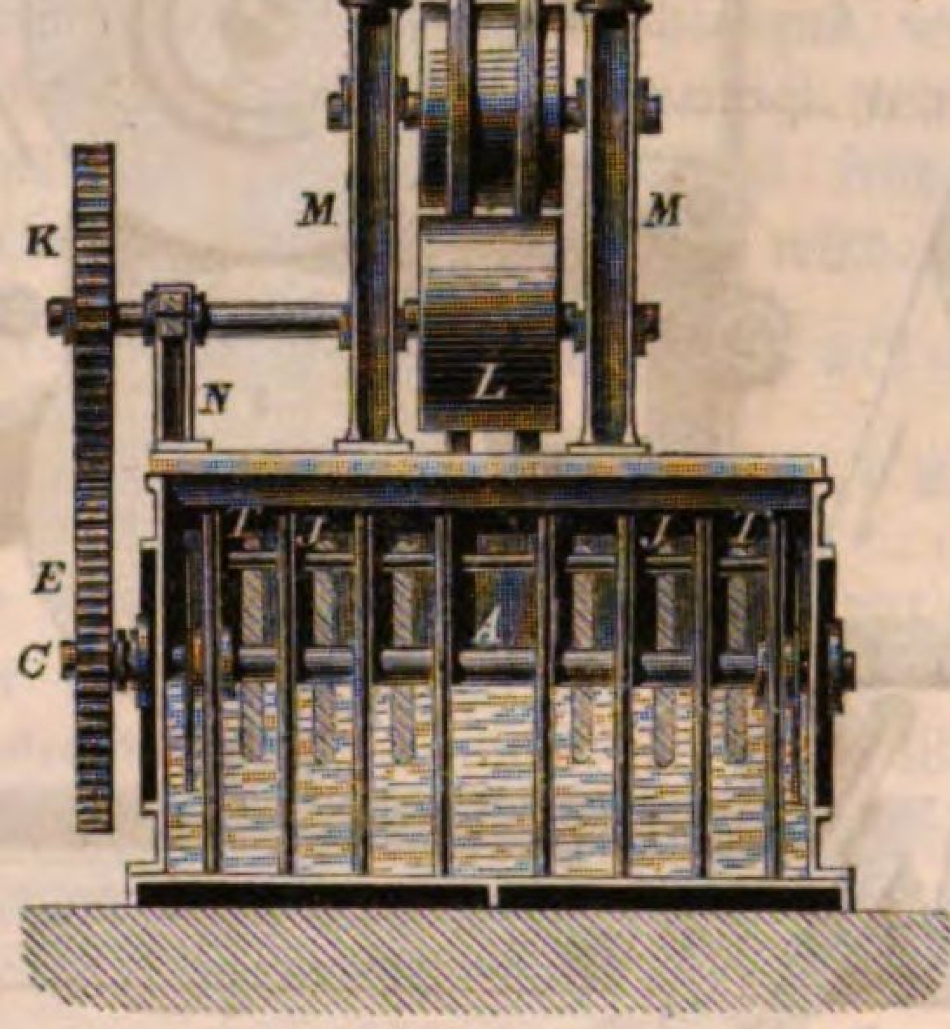


Fig. 263.



Das Zeug gelangt bei *O* in den Trog; es geht zuerst um die Rolle *P*, von dort durch die beiden Walzen *Q*, die auf Lagern in dem Pfeiler *R* ruhen und durch Schrauben gestellt werden können; von dort um die Rolle *S*, den ersten Pfeiler *T* und um den unteren Zapfen *J* der Scheibe *H*. Dann steigt es in schräger Richtung um den oberen Zapfen und geht über die Zapfen *JJ* der Scheibe *I*, zwischen die zweite Reihe von Pfeilern *T*, bis es endlich den ganzen Apparat durchlaufen hat und durch die Leitrolle *U* aus dem Troge geschafft wird. Es ist dann gewaschen und wird durch die folgende Behandlung von dem noch anhängenden Wasser befreit, da es zwischen den Walzen *LL* einen solchen Druck erhält, daß das Wasser abfließt.

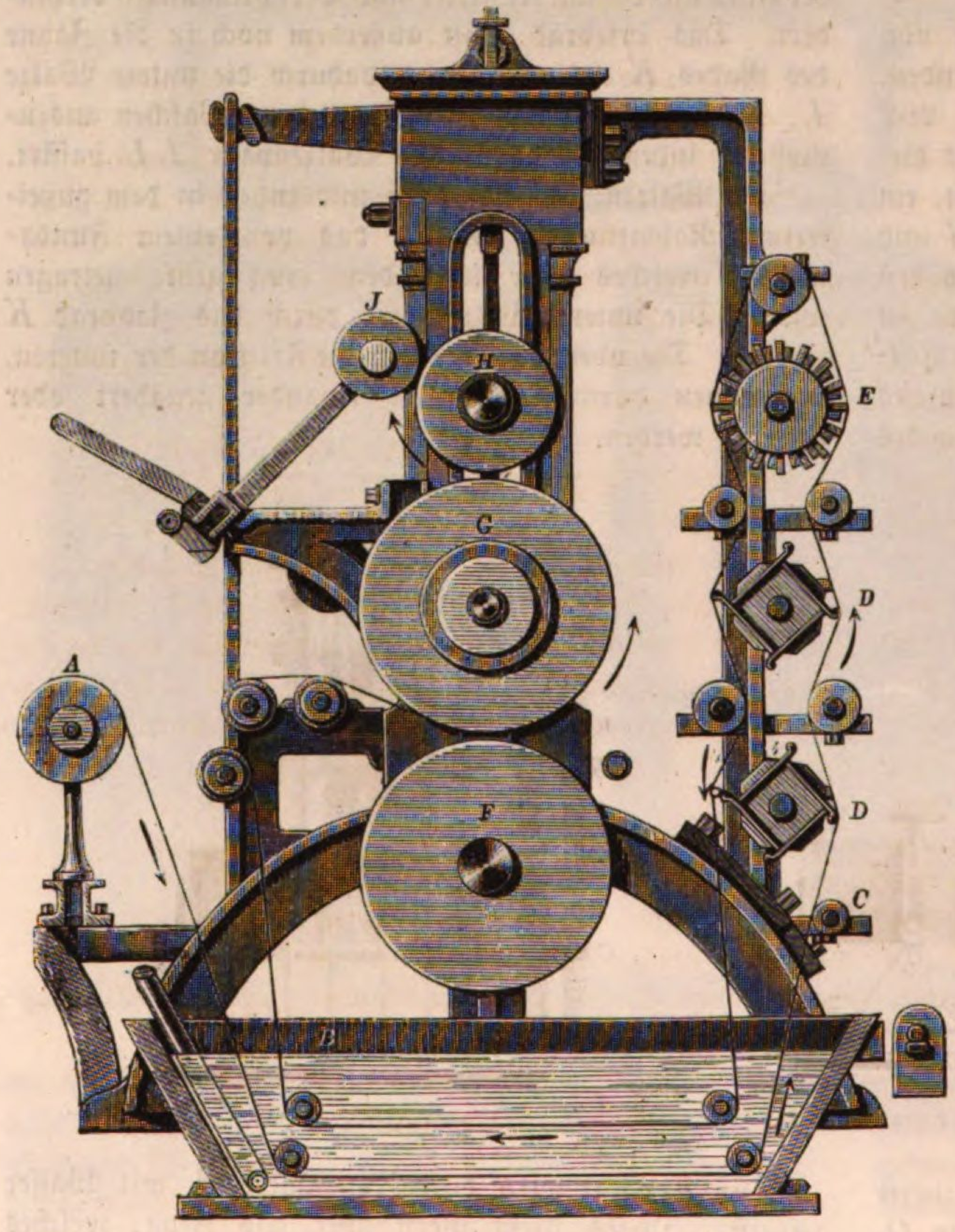
Der Hauptvortheil dieser Maschine beruht in dem Walken und Schlagen, dem die Zeuge ausgesetzt werden, so lange sie sich in dem Troge befinden. Dieses wird dadurch bewirkt, daß die Stoffe gespannt sind, so lange die Zapfen der Scheiben *H* und *I* in verticaler Richtung stehen. Das Zeug fällt aber auf die Oberfläche des Wassers, sobald die Zapfen horizontal stehen, und erhält dadurch einen Schlag, sowie bei der gleich darauf folgenden Anspannung einen Stoß durch den Zapfen. Hierdurch werden die Unreinigkeiten auf eine sehr erfolgreiche Weise fortgeschafft.

Der Apparat wird durch den Hahn *W* mit Wasser gespeist. Dieses fließt zuerst über das Zeug, welches gerade aus dem Trog herausgelangt, und spült alle noch mechanisch daran haftenden Unreinigkeiten hinweg. Das unreine Wasser wird von Zeit zu Zeit durch *x* abgelassen. Man erhält das Niveau der Flüssigkeit immer so, daß der Trog zur Hälfte gefüllt ist und daher die Wellen *B* und *C* halb in dem Wasser, halb außerhalb desselben stehen.

Eine andere Maschine, die jedoch die Zeuge weit stärker angreift und aus dem Grunde sich vorzugsweise für sehr starke Gewebe eignet, ist von Fulton construirt und in Fig. 264 dargestellt. Ihre Hauptbestandtheile sind zwei senkrechte Seitenständer, welche auf dem Boden mit Grundflanschen festgebolzt und oben durch eine Querstange verbunden sind. Diese Ständer sind, wie bei den gewöhnlichen Waschmaschinen, in der Mitte eingeschlitzt, um die Zapfenlager der drei Walzen *F, G, H* aufzunehmen. Die Welle (Achse) der unteren Walze *F* ist nach beiden Seiten verlängert; auf der einen Seite steht sie mit dem Motor in Verbindung und auf der anderen Seite trägt sie ein großes Stirnrad und eine Riemenscheibe, um die übrigen Theile der Maschine in Umtrieb zu setzen. An der Vorderseite der Maschine, wo die Zeuge eintreten, ist an jeden Ständer ein vor-

springender Arm gegossen, und auf diese beiden Arme wird ein geschlitzter Träger zur Aufnahme zweier senkrechten mit Zapfenlagern versehenen Ständer aufgeschraubt. Diese kann man in beliebiger Entfernung von

Fig. 264.



einander befestigen, zur Aufnahme von Zeugbäumen oder Walzen A' von verschiedener Länge, um welche das zu reinigende Zeug gewickelt wird. Zwischen den beiden Ständern, aber etwas tiefer als ihr unteres Ende, befindet sich ein hölzerner Trog oder Wasserkasten B, welcher die Waschflüssigkeit enthält, die nach Belieben mitteIst einer Dampfröhre erhitzt werden kann: an der Innenwand dieses Troges sind die Zapfenlager für vier darin befindliche Leitwalzen angebracht. Das zu waschende Zeug geht von der Walze A in der Richtung des Pfeils nach unten und läuft, wie bei den gewöhnlichen Waschmaschinen, unter den beiden unteren Leitwalzen hin, so daß es gut in die Flüssigkeit eingetaucht wird; es gelangt dann zu dem auf der Hinterseite der Maschine befindlichen Reinigungsapparate hinauf, welcher von verticalen Ständern getragen wird, die oben mit einem rechtwinkligen Arm an den oberen Theil der Hauptständer und unten mit gekrümmten Flanschen an die krummen Füße desselben festgeschraubt sind. An diese Nebenständer sind horizontale Träger angegossen, zur Aufnahme der stellbaren Zapfenlager für die vier Leitwalzen, sowie der Tragarme für die beiden Klopf- oder Rüttelwalzen D, die obere Bürst- oder Kratzwalze E und endlich die obere Leitwalze, über welche das Zeug zur weiteren Behandlung wieder nach unten geht.

Wenn das Zeug aus dem Waschtroge kommt, so passirt es zuerst die Leitwalze C, deren Zapfenlager auf zwei an den Hauptträgern befestigten Armen ruhen. Von dieser Walze geht das Zeug bei der unteren Rüttelwalze D vorbei, wobei seine innere Seite der reinigenden Wirkung der rotirenden Flügel ausgesetzt ist. Die Holzwalze D, welche diese Flügel trägt, hat einen quadratischen Querschnitt, und die Flügel, welche von Metall sind und sich längs der ganzen Walze erstrecken, sind, auf jeder flachen Seite einer, aufgeschraubt; die äußere Kante der Flügel ist abgerundet, damit das vorbeipassirende Zeug durch die Schläge weniger angegriffen wird. Von dieser Rüttelwalze gelangt das Zeug über eine zweite Leitrolle zu einer zweiten ähnlichen Rüttelwalze, welche die Wirkung der unteren D vervollständigt. Vermittelst einer dritten Leitrolle wird dann das Zeug mehr oder weniger gegen die obere Walze E gedrückt, welche mit einer Reihe schmaler Flügel oder Kratzbleche versehen ist: diese Kratzbleche haben scharfe Kanten, so daß sie auf die schon vorbereitete Seite des Zeuges eine kräftigere reinigende Wirkung ausüben. Die oberste Leitrolle dient dazu, das Zeug auf der anderen Seite desselben Reinigungsapparats wieder hinabzuführen. Von der untersten Rüttelwalze D geht das Zeug dann unter einer festen Leitrolle horizontal durch den Waschtrog B zur entsprechenden vorderen Leitrolle hin, von welcher es nach einer (mit rechtem und linkem Schraubengewinde versehenen) Ausbreitwalze hinaufsteigt, deren Zapfenlager in zwei an die Hauptständer angeschraubten Trägern befestigt sind. Das Zeug gelangt dann über eine andere Leitwalze zu einer zweiten Ausbreitwalze, und von dieser geht es zwischen den beiden Hauptwalzen F und G und dann zwischen der letzteren und der Preßwalze H durch, um endlich bei J auf einen Zeugbaum gewickelt zu werden. Dieser Zeugbaum ruht mit seinen Zapfen frei in den Schlitzen zweier vibrirenden Hebel, deren untere Enden ebenfalls weit eingeschlitzt sind, um sie an den vier Ecken einer horizontalen Welle befestigen zu können, deren Zapfenlager in Armen angebracht sind, welche an die Hauptständer angeschraubt sind. Diese offenen Enden der Schlitze werden durch einen Keil verschlossen, so daß sie die Welle fest umfassen. In der Mitte der Welle befindet sich ein doppelarmiger Hebel, ungefähr unter einem rechten Winkel mit den genannten Hebeln. An seinem unteren Ende ist er mit einem Gewicht beschwert, so daß er das aufgewundene Zeug J gegen die oberste Walze H preßt; soll hingegen das Zeug abgewickelt werden, so drückt man den äußeren Hebelarm unter ein Querstück, welches ihn festhält, hinab, so daß das aufgebäumte Zeug nicht mehr gegen die Walze H gepreßt wird. — Auf diese Weise ist eine Seite des Zeuges gereinigt, und man läßt es dann noch einmal mit der anderen Seite durch die Maschine gehen.

5) Die nächste Operation ist das Eintauchen der Zeuge in verdünnte Säure, oder das **Säuren**; ihr Zweck

ist die Zersetzung und Entfernung der beim Bäuchen gebildeten unlöslichen Kalkseifen und Verbindungen des Kalkes mit den Harzen. Man bereitet das Säurebad, indem man 1 Gewichtstheil concentrirte Schwefelsäure mit 15 bis 18 Th. Wasser mischt. Die Flüssigkeit enthält dann $6\frac{1}{2}$ bis 7 Proc. Schwefelsäure und hat ein spec. Gew. 1,040 bis 1,047. Manche Bleicher gebrauchen ein weit schwächeres Bad und setzen die Stoffe dann der Einwirkung desselben längere Zeit aus. Man weiß aber aus Erfahrung, daß eine solche Säure nicht zerstörend auf die Zeuge wirkt. Das Bad darf jedoch nicht so stark sein, daß nicht noch hinreichend viel Wasser vorhanden sei, um die ganze Menge des schwefelsauren Kalkes gleich bei seiner Bildung aufzulösen, da es schwer ist, ihn zu entfernen, wenn er einmal in fester Form auf der Faser des Zeuges abgelagert ist. Bei einer Concentration von 6 bis 7 Proc. läßt man die Stoffe 4 Stunden in dem Bade, bei einem schwächeren längere Zeit. Nach dem Säuren bringt man die Zeuge in die Waschmaschinen, um die anhängende Säure und Kalklösung zu entfernen.

6) und 7) Nach dem Waschen folgt die sechste Operation: das Bäuchen in Aetzlauge. Man bereitet die Lauge, indem man 2 Th. krystallisirte oder $\frac{3}{4}$ Th. calcinirte Soda in Wasser auflöst, ein gleiches Gewicht Aetzkalk, den man vorher in Kalkmilch verwandelt hat, hinzusetzt, beides durch Umrühren gut vermischt und dann das Ganze der Ruhe überläßt. Die Soda ist kohlensaures Natron. Wenn man dieses mit Kalkhydrat in Berührung bringt, so vereinigt sich der Kalk mit der Kohlensäure und bildet einen unlöslichen Niederschlag von kohlensaurem Kalk, der sich in der Ruhe zu Boden senkt, während die darüber stehende Flüssigkeit eine Lösung von Natronhydrat — Aetzlauge — ist. Die klare Flüssigkeit wird mittelst eines Hebers von dem Bodensatze abgezogen. Dieser wird wieder mit einer neuen Menge Wasser angerührt, absetzen gelassen und die Lösung mit der ersten Flüssigkeit vereinigt. Man fügt dann noch so viel Wasser hinzu, daß man 50 bis 100 Theile Lauge enthält. Statt der Aetzlauge wenden Viele eine Lösung von Harz in Alkali an. Man bereitet diese, indem man auf 10 Th. calcinirte Soda 4 Th. Harz nimmt, beides mit Wasser erwärmt und später eben so viel Wasser wie oben hinzufügt. Die Harzseife soll kräftiger auf die Farbstoffe und andere Verunreinigungen des Zeuges wirken, als das Alkali für sich, und die dadurch entstehenden Verbindungen sollen sich leichter entfernen lassen, als die durch das Alkali gebildeten. Das Kochen mit dieser Lauge wird 8 bis 9 Stunden lang fortgesetzt. Die Stoffe werden darauf wieder gewaschen, um alles Anhängende zu entfernen, wodurch die siebente Operation beendigt wird.

Zweiter Abschnitt. Durch die vorhergehende Behandlung sind die Fette, Harze, mechanischen Unreinigkeiten und alle in Wasser löslichen Körper aus den Zeugen entfernt worden; es bleiben nur noch die Farbstoffe übrig, deren Zerstörung durch die Anwendung eines Bleichmittels bewirkt wird. Alle früheren Manipulationen waren nur Vorarbeiten. Wir haben schon im Anfange gesehen, daß diese unbedingt erforderlich sind, da die Harze die Faser und die Farbstoffe auf eine solche Weise umhüllen, daß die Bleichmittel keinen Einfluß auf diese haben würden, ehe die Harze entfernt sind, indem diese der Wirkung derselber widerstehen.

Der Bleichkalk, denn dieses ist das jetzt fast allgemein angewandte Mittel zur Zerstörung der Farbstoffe, ist eine Verbindung von unterchloriger Säure mit Kalk, der eine entsprechende Menge Chlorcalcium und mehr oder weniger Kalkhydrat beigemengt ist. Sie entsteht, wie wir in einem folgenden Artikel näher sehen werden, indem man Chlorgas von Kalkhydrat absorbiren läßt. Die Bleichflüssigkeit oder die Lösung des Bleichkalks in Wasser hat für sich keine oder wenigstens nur eine sehr schwache Wirkung auf die Farbstoffe; diese äußert sich erst auf Zusatz einer Säure, wodurch der unterchlorigsaure Kalk zersetzt wird, nach folgendem Schema:

$$\underbrace{CaO.ClO}_{\text{Unterchlorigsaurer Kalk.}} + \underbrace{HO.SO_3}_{\text{Schwefelsäure.}} = \underbrace{CaO.SO_3}_{\text{Schwefelsaurer Kalk.}} + \underbrace{HO.ClO}_{\text{Unterchlorige Säure.}}$$

Die Zersetzung bleibt aber nicht hierbei stehen, die unterchlorige Säure zerfällt selbst in Chlorgas, während ihr Sauerstoff sich mit dem Calcium vereinigt, um dieses zu oxydiren, während das Chlor, welches früher mit dem Metall verbunden war, ebenfalls frei wird:

$$CaCl + CaO.ClO + 2HO.SO_3 = 2CaO.SO_3 + 2Cl + 2HO$$

oder:

$$CaCl + CaO.ClO + 2HCl = 2CaCl + 2Cl + 2HO$$

Jede Säure bringt diese Veränderung hervor, selbst die Kohlensäure der Luft. Man wird aber nie in der Praxis von dieser Gebrauch machen, da ihre Wirkung zu langsam ist; man bedient sich lieber der kräftigen Schwefelsäure oder Chlorwasserstoffsäure, um augenblicklich das Resultat zu haben.

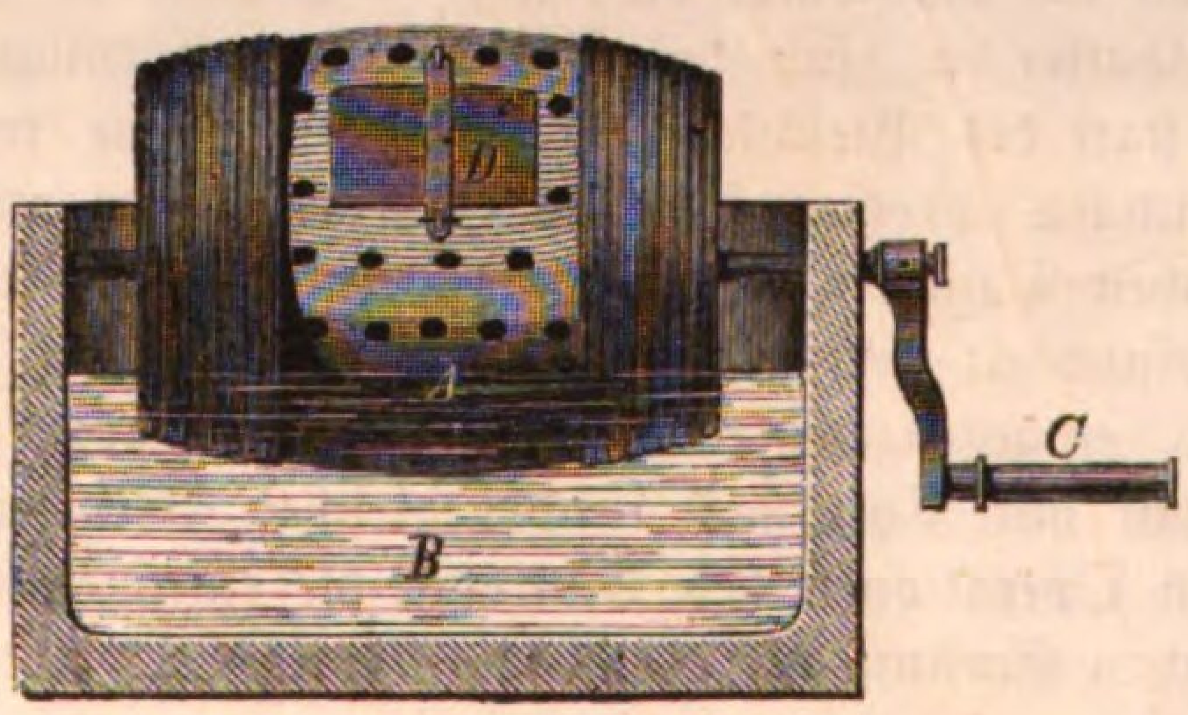
Man hat manchmal die Frage aufgestellt, ob es nicht vortheilhafter sei, sich des Chlors im gasförmigen Zustande statt des Bleichkalks zu bedienen. Die früheren Erfahrungen sprechen für das Gegentheil, da man den schädlichen Dämpfen zu sehr ausgesetzt war und dadurch die Gesundheit der Arbeiter gefährdete. Persoz ist indessen entgegengesetzter Ansicht, die er darauf stützt, daß man mit Chlorgas rascher bleichen könne und die späteren Operationen des Säurens, die einen entschieden schädlichen Einfluß auf die Zeuge haben, vermeidet. Um sich vor den schädlichen Ausdünstungen zu bewahren, schlägt er vor, eine trichterförmige Röhre zu construiren, in die an ihrer Basis das Ableitungsrohr eines Chlorentwicklungsapparats mündet; ganz in der Nähe dieses Rohres befindet sich eine flache Schale mit kaltem Wasser, um die Salzsäuredämpfe zu absorbiren. Oben in dem Trichter ist eine Oeffnung, durch die die Stoffe hineingebracht werden, diese circuliren dann mittelst Walzen im Innern des Trichters und gelangen an der anderen Seite wieder heraus; beide Oeffnungen werden durch Wasserventile abgesperrt.

In manchen Bleichereien benutzte man bis vor nicht sehr langer Zeit die Lösung des Gases in Wasser, aber sowohl dieses, als das Gas selbst sind jetzt fast gänzlich in Vergessenheit gerathen, da die Darstellung beider mit Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten verknüpft ist

und namentlich da der Bleichkalk zu sehr billigen Preisen von chemischen Fabriken zu beziehen ist. Man vermeidet den schwierigen Transport der großen Quantitäten von Salzsäure und hat im Bleichkalk das Chlor in einer wenig Raum einnehmenden concentrirten Form.

Wir haben oben gesehen, daß eine Lösung von Bleichkalk erst auf Zusatz von Säure ihre entfärbende Wirkung äußere; man könnte daher vermuthen, daß die Stoffe selbst nicht durch eine concentrirte Lösung angegriffen werden würden. Aber man weiß aus Erfahrung, daß das Gegentheil eintritt, und daß Stücke, die in eine zu starke Lösung eingetaucht sind, sehr bald zu Pulver zerfallen, obgleich sie anfangs nicht angegriffen erscheinen. Dieses tritt um so rascher ein, je concentrirter die Lösung, je höher die Temperatur derselben und je länger die Zeit des Eintauchens war. Es ist daher für den Bleicher von der größten Wichtigkeit, den Stärkegrad seiner Lösung, die Temperatur seines Bades und die Dauer des Verweilens der Zeuge in der Bleichflüssigkeit genau zu reguliren. Die Ursache der schädlichen Wirkung der zu gesättigten Bleichflüssigkeit beruht darauf, daß beide, sowohl der Farbstoff als auch die Zellen des Gewebes oxydirbare Substanzen sind und daß beide angegriffen werden, sobald die Oxydationsmittel, der Sauerstoff und das Chlor zu plötzlich auf sie reagiren. Ganz dasselbe findet mit der Baumwolle Statt; sobald man die Bleichflüssigkeit in hinreichend verdünntem Zustande anwendet, werden nur die Farbstoffe zerstört, da diese nicht so stabile Verbindungen wie der Zellstoff sind. — Die Lösung des Bleichkalks wird gewöhnlich in steinernen Cisternen bereitet, da hölzerne Gefäße zu leicht davon angegriffen werden; man bedient sich dazu eines Apparats, der in Fig. 265 dargestellt ist. *A* ist ein Faß, welches durch

Fig. 265.



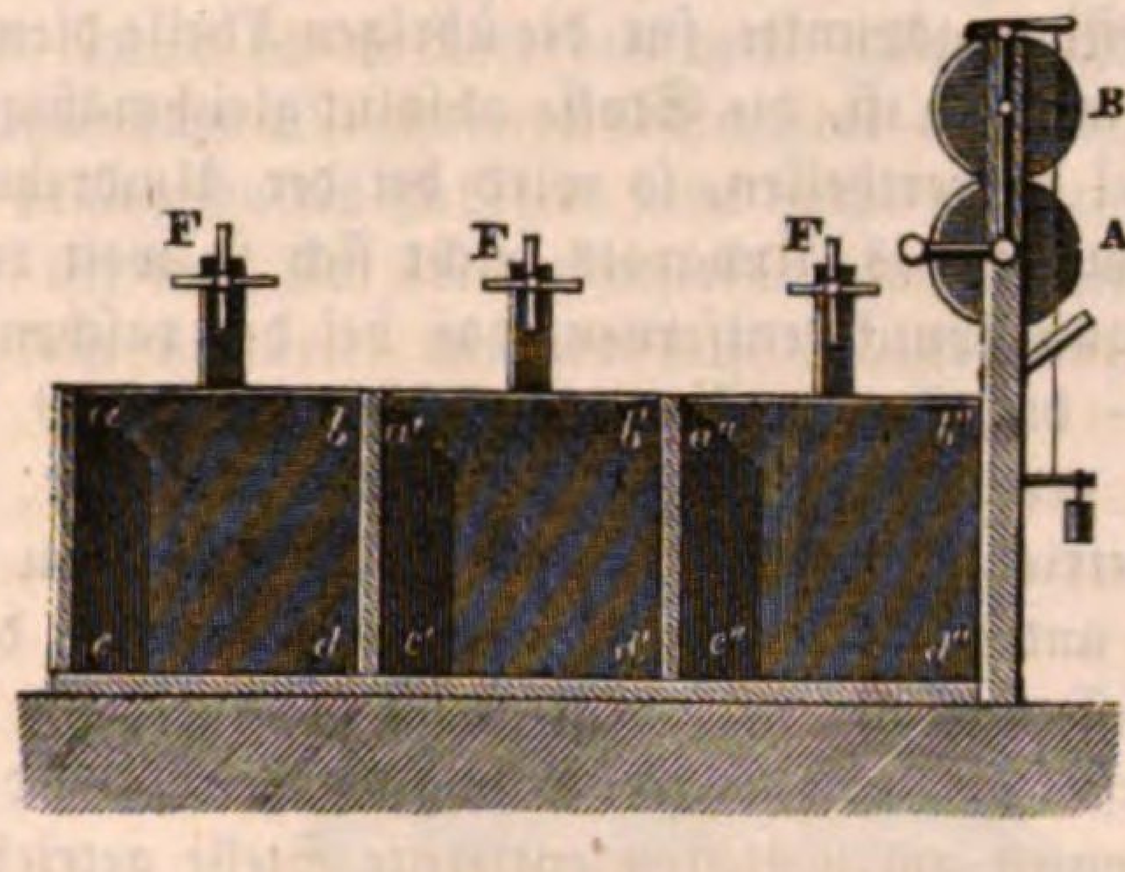
eine hölzerne Welle, die auf Lagern im oberen Theile der Cisterne ruht, getragen wird; die Welle kann durch die Kurbel *C* in Bewegung gesetzt werden. Das Faß taucht 4 bis 6 Zoll tief in das Wasser und ist außer mit vielen kleinen Löchern von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll mit einer Oeffnung *D* versehen, die nach Bedürfniß geöffnet oder geschlossen werden kann. Sie dient dazu, den trockenen Bleichkalk in das Faß zu bringen; außerdem befinden sich einige große Kiesel darin, die, sobald das Faß in Bewegung versetzt wird, gegen einander reiben und die festen Stücke des Bleichkalks zermalmen, wodurch die Lösung sehr beschleunigt wird. Es ist von großer Wichtigkeit, die Lösung vollkommen klar zu haben, man läßt sie daher so lange stehen, bis alle unlöslichen Substanzen am Boden abgelagert sind; wenn man dieses versäumt, so läuft man Gefahr, die zu bleichenden Stoffe zu zerstören, denn im käuflichen Chlorkalk findet sich eine geringe Menge einer unlöslichen Substanz, deren Zusammensetzung man noch nicht kennt, die aber später im Säurebade so heftig auf die Zeuge wirkt, daß an den Stellen, wo sie aufgenommen war, die Faser vollkommen zerstört wird. Die Ursache dieser Wirkung ist bis jetzt noch nicht genügend ergründet. Schwarz schreibt sie dem sich daraus entwickelnden Chlor zu. Persoz stimmt nicht mit ihm darin überein, namentlich da Zeuge sehr lange dem Chlorgase ausgesetzt werden können, ohne zu leiden. Er fand, daß ein unlöslicher Rückstand bleibt, wenn man Bleichkalk mit vielem Wasser behandelt, und daß dieser, wenn er auf Zeuge gebracht und letztere dann in Säure getaucht werden, die Stoffe völlig zerstört, und ein äußerst kräftiges Oxydationsmittel ist.

Der nächste Punkt, welcher zu betrachten ist, ist die Concentration der Bleichflüssigkeit. Diese richtet sich ganz nach der Beschaffenheit der Gewebe. Sehr feine Stoffe werden in so verdünnte Lösungen gebracht, daß diese kaum einen Geschmack haben und deren spec. Gew. nicht mehr als 1,0025 beträgt, nicht so feine in Lösungen von 1,010 spec. Gew.; für gröbere kann man Bleichflüssigkeit von 1,025 spec. Gew. gebrauchen. Man thut am besten, sehr schwache Lösungen anzuwenden und die Stoffe dann lieber etwas länger darin verweilen zu lassen, da man dann keine Gefahr läuft, sie zu verderben. Wenn die Lösungen bereitet sind, kann man zur

achten Operation schreiten. Diese besteht im Eintauchen der Gewebe in die Bleichflüssigkeit. Sie verweilen darin 6 bis 8 Stunden. Darauf zieht man die Stoffe heraus und bringt sie in einen großen Bottich, um der anhängenden Bleichflüssigkeit Gelegenheit zu geben, möglichst in die Faser einzudringen. Dann bringt man sie in das Säurebad. Manche Bleicher wenden eine etwas andere Methode an. Einzelne bringen die Stoffe in den Bäuchkessel und behandeln sie mit heißer Bleichflüssigkeit. Dieses ist indessen nicht zu empfehlen, da die Stoffe nicht völlig gebleicht werden und da das Chlor auf das Kupfer des Kessels einwirkt, diesen zerstört und die Zeuge mit einem Kupfersalze in Berührung bringt. Andere bringen die Gewebe für eine gewisse Zeit in die Flüssigkeit und hängen sie dann in die Luft, um die Kohlensäure auf den Chlorkalk wirken zu lassen. Nach einiger Zeit bringen sie die Stoffe dann ins Säurebad, um den Rest des Chlors in Freiheit zu setzen. Andere lassen die Stoffe in der Chlorkalklösung liegen und hängen sie dann über eine Walze, die über dem Bleichtrog angebracht ist, um den Ueberschuß der Lösung abtropfen zu lassen. Mittelst einer zweiten Walze werden die Stoffe später ins Säurebad gebracht. Andere Bleicher wenden den in Fig. 266 dargestellten Apparat an. Er besteht aus drei hölzernen, inwendig mit Blei ausgeschlagenen Bottichen *abcd*, *a'b'c'd'*, *a''b''c''d''*, die mit Bleichflüssigkeit gefüllt sind und über denen die Rollen *FFF* angebracht sind, wodurch man die Zeuge aus einem Bottich in den anderen bringen und der Flüssigkeit eine große Oberfläche darbieten kann. Beim Herausziehen läßt man die Stoffe durch das Walzenpaar *AB* gehen, um den Ueberschuß der Lösung auszupressen. Diese fließt dann an der unter den Walzen befindlichen

geneigten Ebene herab und gelangt wieder in die Bottiche zurück. Wenn man das Bleichen sehr zu beschleunigen wünscht, so taucht man die Stoffe nur eine kurze Zeit in eine starke Bleichflüssigkeit, läßt sie dann ein

Fig. 266.



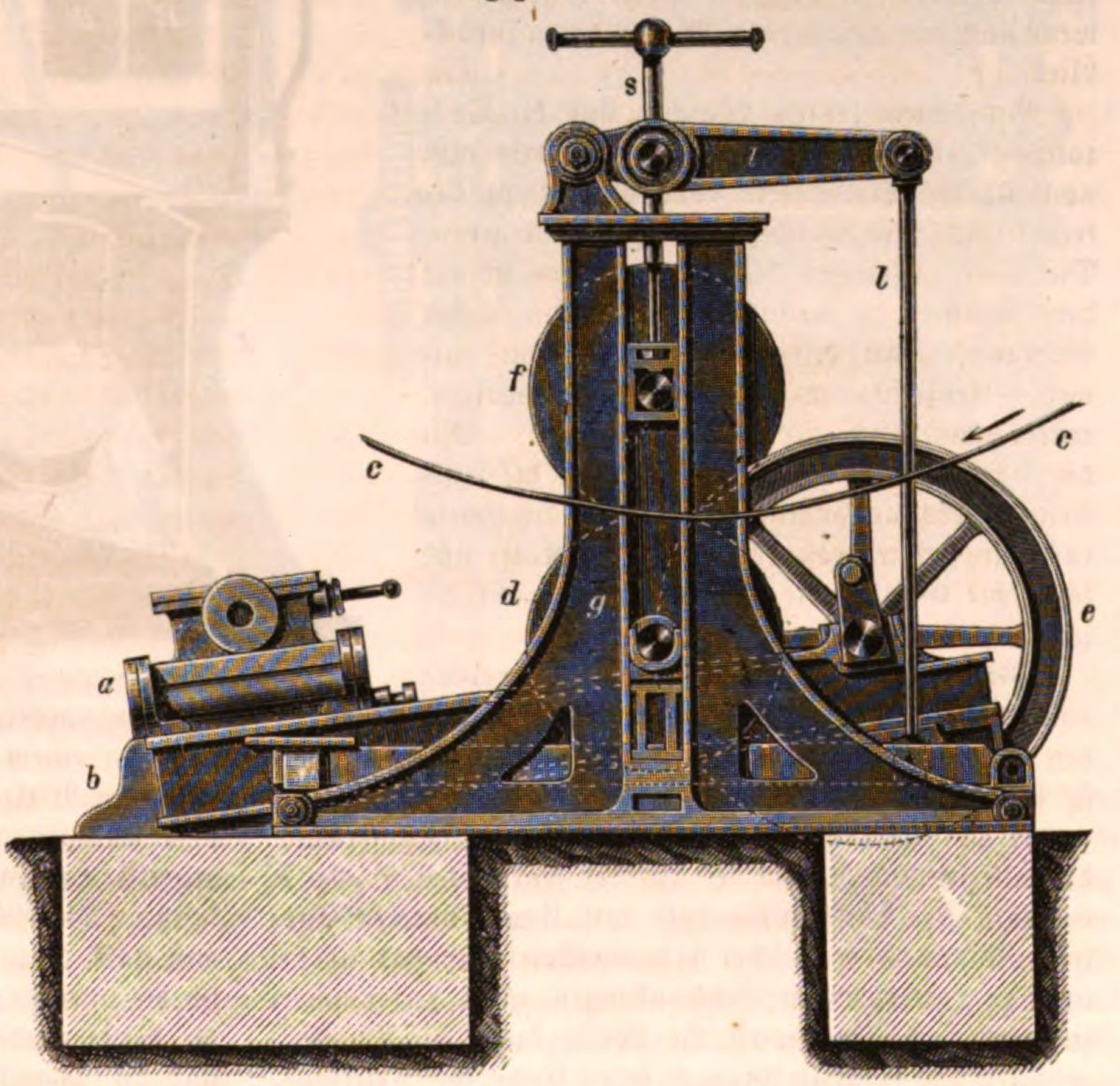
Walzenpaar passiren und wiederholt das Eintauchen und Auspressen so lange, bis das Gewebe völlig durchdrungen ist. Darauf bringt man sie ins Säurebad. Da hierbei aber das Chlor sehr plötzlich entwickelt wird und ein Theil desselben entweicht, so versieht man die Bäder mit einem Deckel, von dem ein Rohr in einen gut ziehenden Schornstein mündet, um das schädliche Gas fortzuführen. In allen Fällen wendet man die Bleichflüssigkeit aber nicht zu kalt an. Eine Temperatur von 20 bis 25° C. ist am vortheilhaftesten, da die Poren dann die Lösung leicht aufnehmen, aber die Stoffe auch bei einem solchen Wärmegrad nicht leiden.

9) Dasselbe, was von der Concentration der Bleichflüssigkeit gesagt ist, gilt auch von dem Säurebade. Man nimmt dazu gewöhnlich 150 Pfd. gewöhnliche Schwefelsäure — Vitriolöl — auf 2000 Pfd. Wasser. Die Stärke dieses Bades muß sich aber gänzlich nach der Concentration der Bleichflüssigkeit richten. Ist diese stark, so muß man auch stärkere Säure anwenden; ist sie schwach, so muß auch die Säure verdünnt sein. In manchen Fällen nimmt man nur 20 Pfd. Säure auf 3000 Pfd. Wasser. Die Säuren sind stets so verdünnt, daß sie, obgleich sie einen deutlich sauren Geschmack haben, doch nicht schädlich auf die Gewebe wirken können. Die Stoffe verweilen vier Stunden lang im Säurebade.

Das Auspressen der Stoffe nach dem Chlorbade ist sehr wesentlich, da einerseits ein Ueberschuß von Bleichflüssigkeit daraus entfernt wird und andererseits aber auch alle Theile des Stoffes in innigste Berührung damit kommen. Bei Anwendung solcher Pressen kann man auch unbeschadet der Haltbarkeit der Zeuge mit concentrirteren Lösungen arbeiten und diese um so kürzere Zeit darauf einwirken lassen. Eine für diese Zwecke besonders construirte Presse von **Mather** und **Platt** ist in Fig. 267 dargestellt. *d* und *f* sind zwei Preßwalzen von möglichst großem Durchmesser, sie werden entweder beide von hartem Holz dargestellt, oder man macht nur die die obere von Holz; die untere aber von vielfach um einander gewundenem und stark zusammengepreßtem Zeug. *g* ist der Rahmen, welcher die beiden Walzen trägt, das Achsenlager der oberen ist in diesem Rahmen beweglich und kann durch die Schraube *s* und das Hebelwerk *l* beliebig gestellt werden, so daß sie mit größerem oder geringerem Druck auf die untere wirkt. *a* ist eine kleine auf dem eisernen Gerüst *b* ruhende Dampfmaschine, deren in der Zeichnung nicht angegebene Kolbenstange die mit dem Schwungrade *e* verbundene Kurbel treibt und die Bewegung auf die untere Walze überträgt; die obere wird nur durch Friction gedreht. *c* ist das Zeug, welches in der Richtung des Pfeiles durch die Maschine geht; die daraus abfließende Flüssigkeit gelangt durch einen Trichter in ein Rohr und fließt durch dieses in das Chlorbad zurück.

10) Nachdem die Säure im Bade ihren Einfluß ausgeübt hat, bringt man die Gewebe in einen großen Bottich, worin sie mit Wasser übergossen werden. Nach 10 bis 12 Stunden werden sie gründlich gewaschen, um den anhängenden schwefelsauren Kalk zu entfernen. Ein Theil der Farbstoffe ist durch die vorhergehende Behandlung völlig beseitigt, während ein anderer nur in seiner

Fig. 267.



Zusammensetzung modificirt ist und noch, zwar farblos, an der Faser haftet.

11) Um diese modificirten Farbstoffe zu entfernen und um Spuren von Säure, die in den Poren der Gewebe zurückgeblieben sein könnten, unschädlich zu machen,

kocht man die Stoffe noch einmal 8 Stunden lang in einer Lösung von Soda oder Aetznatron. Man wendet dazu auf 2100 Pfd. Zeug 60 Pfd. calcinirte Soda, die durch Kochen mit Aetzkalk kaustisch gemacht ist, an. Wenn die Stoffe nach dieser Operation noch nicht hinreichend weiß sein sollten, so wiederholt man die Behandlung mit Bleichkalk, das Säuren, Waschen und Bäuchen noch einmal, oder so häufig, bis die gewünschte Entfärbung eingetreten ist; man nimmt dann aber jedesmal schwächere Laugen.

12) Endlich läßt man die Stoffe noch einmal durch ein Säurebad gehen, da sie, wenn man dieses unterläßt, nach einiger Zeit wieder gelb werden würden. Dieses rührt von der Oxydation eines harzartigen Körpers her, der in Alkalien unlöslich, in Säuren aber, namentlich in der Wärme löslich ist. Außerdem werden durch das zweite Säuren noch Spuren von Eisenoxyd, Thonerde, Kalk, die beim ersten Male zurückgeblieben sein können, entfernt. Dieses ist um so nothwendiger, da diese Substanzen beim späteren Färben der Kattune einen sehr nachtheiligen Einfluß auf die Farben haben würden.

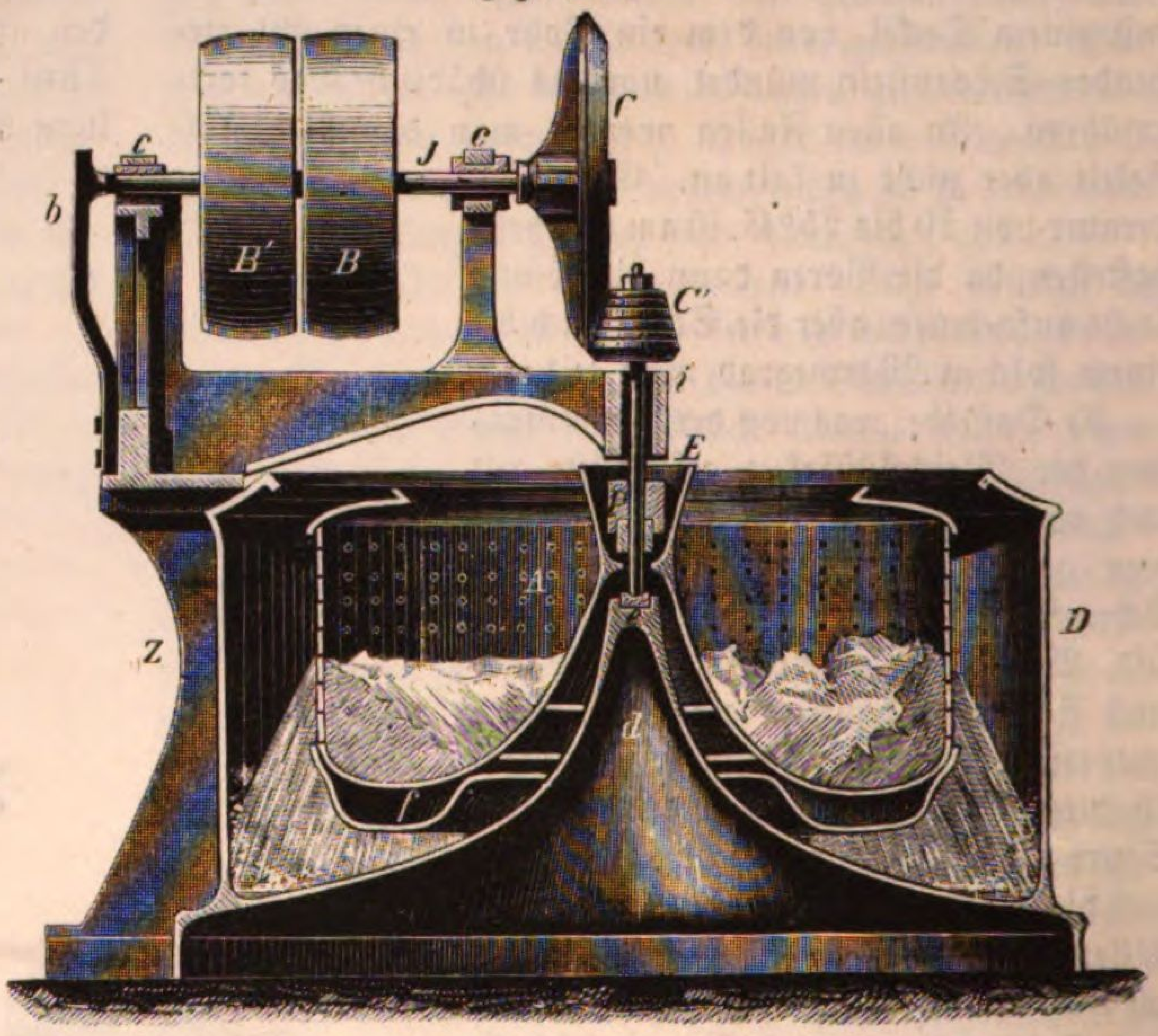
13) Die durch die Säure gelösten Harze u. s. w. sowie der Ueberschuß an Säure werden durch gründliches Waschen beseitigt; auch dieses muß bis auf das Aeußerste getrieben werden, da die Säure beim Trocknen der Zeuge concentrirt wird, und so gering auch ihre Quantität, so würde sie doch die Gewebe zerstören, wenn auch nur eine geringe Menge darin zurückbliebe.

Mit diesem letzten Waschen sind die Operationen des Bleichens beendet, es bleibt nun noch übrig, die Stoffe vom Wasser zu befreien und ihnen die nöthige Appretur zu geben. Die ältere Methode des Auswringens ist als den Stoffen zu nachtheilig allgemein außer Gebrauch, statt dessen wendet man jetzt entweder Centrifugalmaschinen oder Preßwalzen, erstere namentlich für feine Gewebe an. Mit der Centrifugalmaschine erreicht man die Entfernung des anhängenden Wassers ungemein rasch und ohne großen Aufwand an Kraft und läuft nie Gefahr, die Stoffe, selbst nicht die zartesten Gewebe, zu beschädigen.

Die **Centrifugalmaschinen** werden namentlich in ihrem Bewegungsmechanismus sehr verschieden construirt, in Fig. 268 ist eine solche dargestellt, wie sie in englischen Bleichereien vielfach angewandt wird.

A ist eine Trommel von durchlöchertem Kupferblech, die mittelst des Kegels *P* auf der senkrechten Welle *E* befestigt ist. Diese Welle ruht mit ihrem unteren Ende in der Pfanne *e*, in welcher sie freien Spielraum hat, um bei nicht zu vermeidenden Schwankungen nicht zertrümmert zu werden. Oben wird die Welle durch die Büchse *i* gehalten und trägt an ihrem äußeren Ende den Frictionskegel *C'*, der aus hartem Holz, Kautschuk, oder aus stark comprimirten Lederscheiben angefertigt ist. Mit diesem Kegel steht die conische Scheibe *C* in Berührung, die auf der Welle *J* befestigt ist. Diese Welle ruht in den Lagern *cc* und trägt die Treibscheibe *B* und die Leerscheibe *B'*. Eine Feder *b* drückt die Welle und damit die Scheibe *C* gegen den Kegel *C'* und regulirt dadurch den auf diesen ausgeübten Druck. Die Trommel *A* ist oben offen, um die Stoffe einbringen zu können, außen ist sie mit einem Mantel *D* umgeben, der das Umherschleudern des Wassers verhindert, und dieser wird außen durch starke Rippen *Z* unterstützt, welche zugleich als Befestigungspunkte für die übrigen Theile dienen. Da es nicht möglich ist, die Stoffe absolut gleichmäßig in der Trommel zu vertheilen, so wird bei der Umdrehung der Schwerpunkt des Apparats leicht sich so weit von dem Aufhängungspunkt entfernen, daß bei der raschen Bewegung — die Trommel macht 1200 bis 1500 Umdrehungen per Minute — die Welle aus der Pfanne herausgetrieben werden könnte. Um dieses zu vermeiden, ist unter der Trommel ein hohler Raum *f*, der halb mit Wasser gefüllt ist. Dieses wird durch die Centrifugalkraft bei etwaigen Schwankungen an die vom Schwerpunkt am weitesten entfernte Stelle getrieben und stellt so die Ungleichheit wieder her.

Fig. 268.



Die **Preßwalzen** zur Entfernung des anhängenden Wassers sind in Fig. 269 in Seitenansicht und in Fig. 270 in vorderer Ansicht dargestellt. Sie bestehen aus sechs in einem starken Gerüste in beweglichen Lagern ruhenden Walzen, die durch Schrauben einander mehr oder weniger genähert werden können und auf welche mittelst Hebeln ein beliebiger Druck ausgeübt werden kann. Die Walzen sind abwechselnd aus Messing und aus stark comprimirter Baumwolle angefertigt und zwar ist die unterste aus Messing, die zweite aus Baumwolle, die dritte wieder aus Messing u. s. f.; selbstverständlich sind die Metallwalzen hoch polirt.

Das Zeug tritt zwischen der untersten Messing- und Baumwollwalze ein, umschlägt diese, geht dann zwischen das folgende Walzenpaar, welches aus der zweiten und dritten Walze gebildet wird, und so fort, bis es oben die Maschine verläßt.

Bis auf das Trocknen wäre das Zeug dann fertig.

wenn nicht die Gewohnheit der Consumenten verlangte, ihm einen Glanz zu geben, der der Baumwollfaser nicht eigenthümlich ist. Diese Appretur wird durch das **Stärken** ertheilt. Sehr häufig begnügt man sich aber nicht mit diesem ganz unverfänglichen Verschönerungsmittel, sondern setzt dabei eine Menge von Stoffen zu, die, durch die Stärke mit dem Zeuge verklebt, ihm eine scheinbare Dichtheit und Schwere ertheilen, die ein höchst mangelhaftes Fabrikat weit besser erscheinen lassen, als es ist, und die bei der ersten Wäsche hinweggenommen, dem bethörten Käufer den Schaden lassen. Zur Beschwerung der baumwollenen Gewebe dienen namentlich Porzellanthon, Gips, Schwerspath und der künstlich dargestellte schwefelsaure Baryt, das blanc fix.

Die Stärke wird allgemein in den Bleichereien selbst dargestellt, indem man Weizenmehl mit lauwarmem Wasser übergießt, die Flüssigkeit in Gährung kommen läßt, wobei der Kleber zersetzt wird, und dann das Ganze durch ein feines Sieb passirt; die Stärke setzt sich rasch zu Boden und wird von der überstehenden Flüssigkeit, in der der zersetzte Kleber suspendirt bleibt, befreit. In diesem feuchten Zustande rührt man sie mit reinem Wasser

Fig. 269.

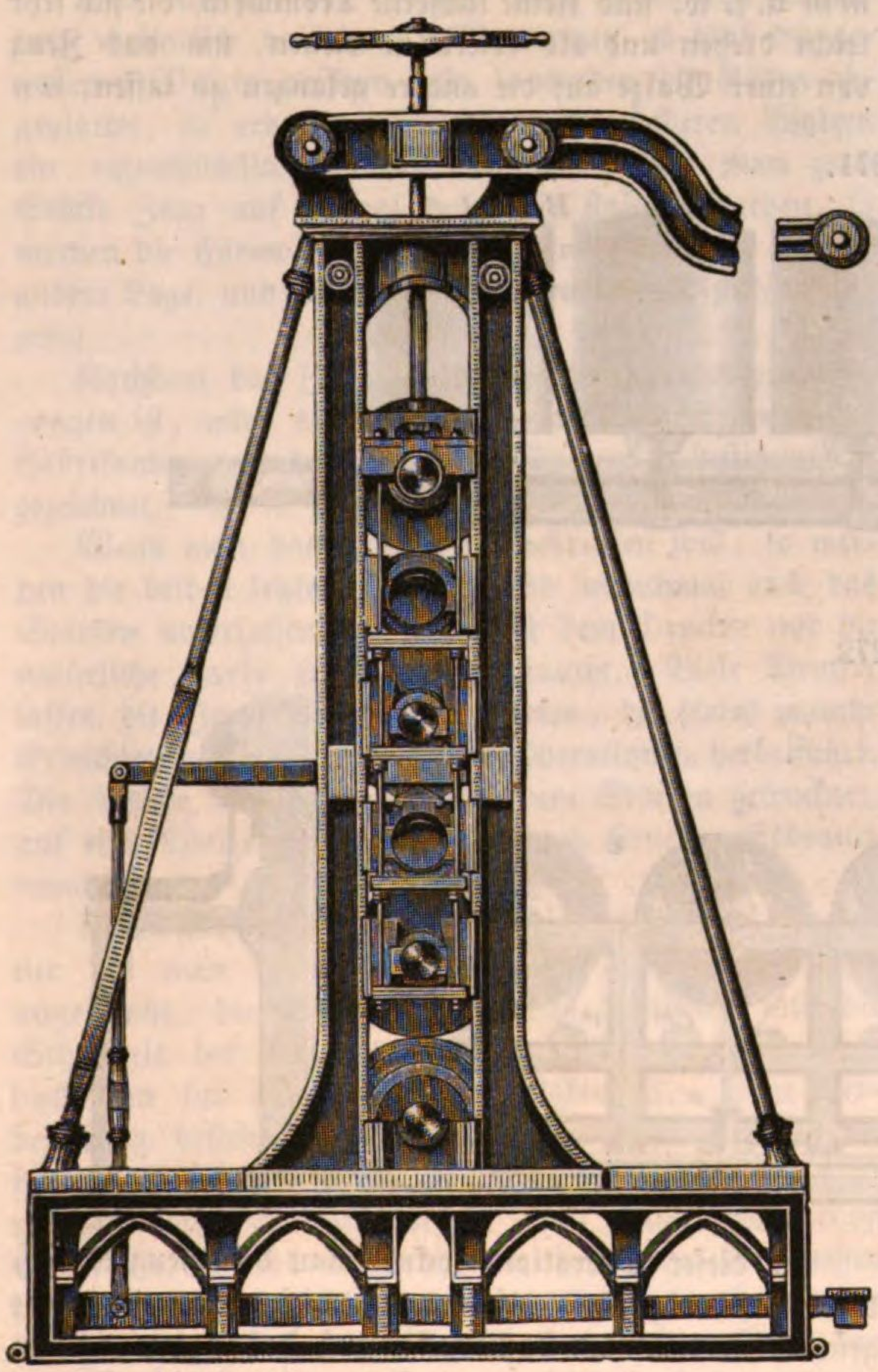
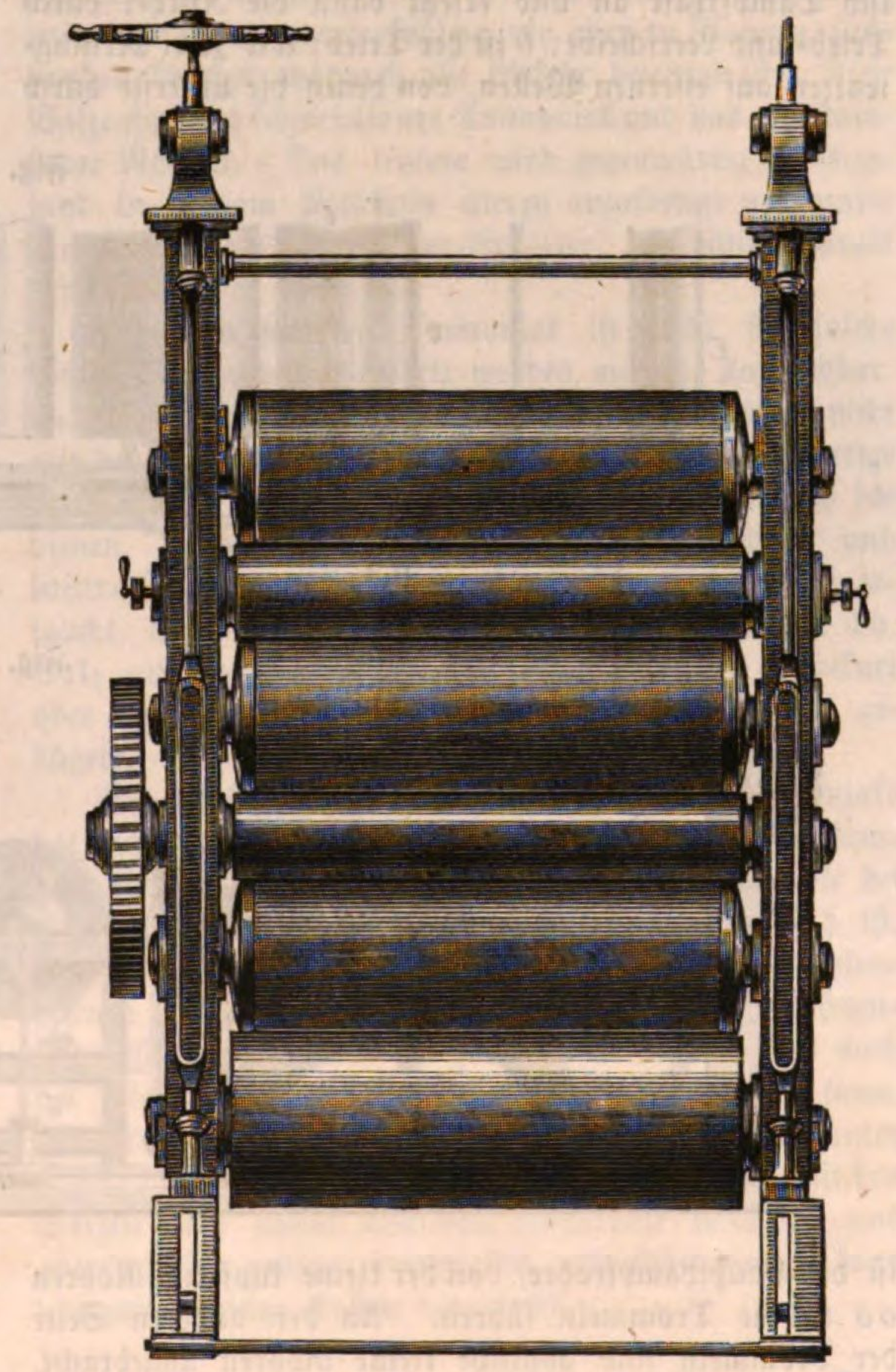


Fig. 270.



an und kocht sie damit zu Kleister, dem man eventuell Porzellanthon &c. in beliebiger Menge zusetzt. Fast allgemein giebt man dem Stärkekleister durch Zusatz einer geringen Menge Indigcarmin, Indigo oder Smalte eine schwachblaue Farbe, um dadurch den der Baumwolle meistens selbst nach sorgfältigem Bleichen verbleibenden gelblichen Schein zu verdecken.

Das Stärken geschieht in einem Apparat, der aus vier in einem Gerüst liegenden und durch Hebel zusammengedrückten Walzen besteht. Die unterste der Walzen dreht sich in einem mit Kleister gefüllten Troge. Das Zeug muß um diese herumgehen, ehe es zwischen die oberen Walzen gelangt, und wird daher mit Kleister getränkt, dessen Ueberschuß durch die oberen Walzen wieder entfernt wird. Zum Trocknen des feuchten Zeuges hing man es früher in Trockenstuben auf und heizte diese durch die abfallende Wärme einer nahegelegenen Feuerung, z. B. des Dampfkessels, dessen Feuerluft man in gemauerten und mit Eisenplatten bedeckten Zügen in diesem Raume circuliren ließ. Von dieser Methode ist man jedoch in allen größeren Bleichereien abgegangen, weil sie viel Nachtheile hat. Zum Trocknen großer Mengen von Zeug sind sehr große, kostspielige Localitäten erforderlich, das Aufhängen erfordert viel Aufwand von Arbeitskraft, die Wärme ist in solchen Räumen nicht gleichmäßig zu vertheilen, eine Feuersgefahr ist nicht ausgeschlossen, endlich ist es nicht möglich, die Stoffe vor Staub und Schmutz ganz zu bewahren. Alles dieses

wird durch die jetzt allgemein eingeführten Trockenmaschinen gänzlich vermieden. Sie bestehen im Allgemeinen aus hohlen durch Dampf geheizten Trommeln, um welche das Zeug langsam gezogen wird, das dabei seine Feuchtigkeit in wenigen Minuten vollständig abgiebt. Mit dieser Trockenmaschine ist der Stärkeapparat verbunden, wie aus Fig. 271 u. 272 hervorgeht. Die erste giebt die Maschine in einer Ansicht von oben, die letztere eine Seitenansicht derselben. In den beiden Figuren bezeichnen gleiche Buchstaben gleiche Theile. *A* ist der Stärkeapparat; *a* ist eine Kurbel, mittelst deren man die Maschine durch die Hand in Bewegung setzen kann; in großen Bleichereien wendet man aber gewöhnlich Dampfkraft an und ersetzt dann die Kurbel durch Trieb- und Leerscheibe; *b* ist der Trieb; *d d'* zwei Messingwalzen auf eisernen Wellen, von denen die unterste durch das Zahnrad *c* und den Trieb *b* bewegt wird. Die obere Walze *d'* wird durch die Friction der anderen getrieben und wird durch den Hebel *h* darauf gedrückt; *e* ist der mit Stärkekleister gefüllte Trog, er ruht auf den Unterlagen *f* und kann durch die Stellschrauben *g* höher oder niedriger gerückt werden, je nachdem die Walze *d* mehr oder weniger tief eingetaucht werden soll; die Walze *i* dient dazu, das Zeug in den Kleister niederzuhalten.

Der Trockenapparat ist durch *B* bezeichnet, hier ist *k k* das eiserne Rahmenwerk, welches die fünf Trommeln *l l l l* trägt. Diese Trommeln bestehen aus hohlen kupfernen Cylindern, die durch Dampf geheizt werden können; *m m* u. s. w. sind kleine kupferne Trommeln, die sich sehr leicht drehen und als Leitrollen dienen, um das Zeug von einer Walze auf die andere gelangen zu lassen; *n n*

Fig. 271.

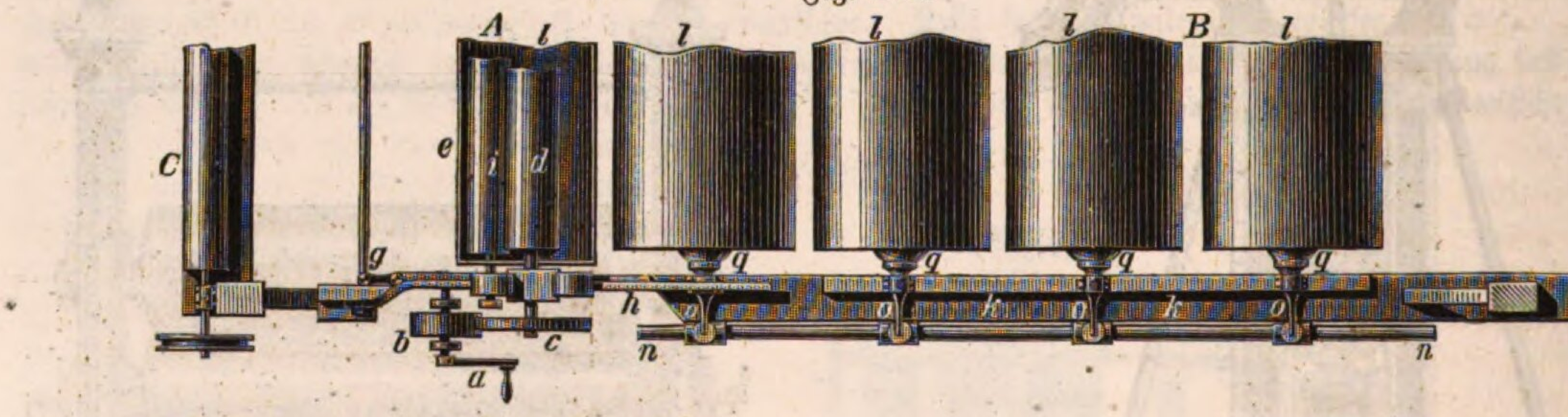
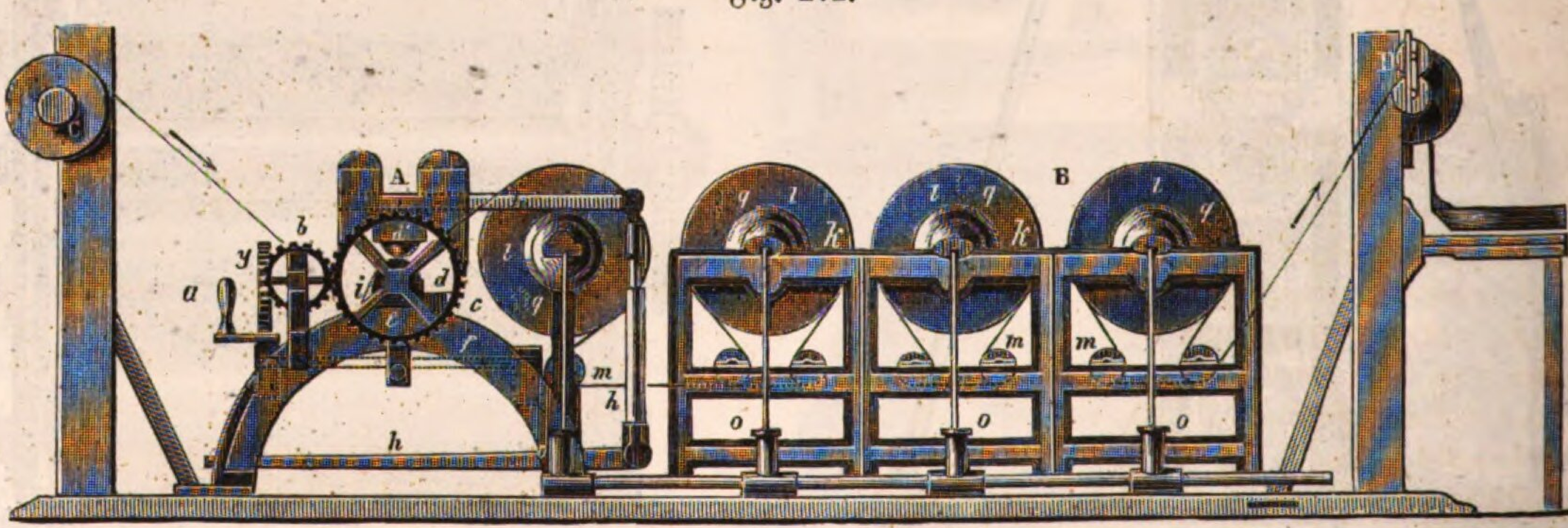


Fig. 272.



ist die Hauptdampfröhre, von der kleine kupferne Röhren *o o* in die Trommeln führen. An der anderen Seite der Trommeln sind ähnliche kleine Röhren angebracht, um das condensirte Wasser abzuleiten. Die Röhren gehen sämmtlich durch luftdichte Stopfbüchsen. In den Trommeln sind Ventile *q q*, die sich durch den Luftdruck nach innen öffnen, sobald der Dampf schwächer wird oder wenn man die Arbeit einstellt, und der Luft Zutritt geben, da die Trommeln sonst durch das Gewicht der auf dem Vacuum lastenden Luft zerquetscht werden würden. Das Zeug gelangt durch die Walze *C* in den Apparat und bewegt sich in der Richtung der Pfeile. *D* sind zwei Walzen, von denen die eine entweder mit einer Riemenscheibe, die mit der Dampfmaschine in Verbindung steht, oder mit einer Kurbel und Trieb, wie die Stärkewalze *d* versehen ist. Diese beiden Walzen ziehen das Zeug durch den Apparat und lassen es nachher entweder auf einen Tisch oder auf die Flur fallen.

Bei dieser Operation trocknet man das Zeug entweder vollständig oder läßt es etwas feucht; das erstere geschieht, indem man Hochdruckdampf, das letztere, indem man Dampf von niedrigerer Temperatur in die Trommeln treten und dann die Zeuge rascher durch den Apparat gehen läßt.

Die folgenden Operationen sind das Kalandern und Zeichnen.

Das Kalandern geschieht, indem man das Zeug zuerst über eine Sprengemaschine gehen läßt; diese besteht aus einer walzenförmigen Bürste, deren Haare in einen darunterstehenden Wassertrog tauchen. Indem man die Bürste in rasche Bewegung versetzt, wirft sie einen Regen von kleinen Wassertropfen über das Zeug, welches darüber hinweggeht. Das Anfeuchten ist Anfangs nur stellenweise. Das ganze Zeug nimmt aber eine gleichmäßige Feuchtigkeit an, wenn man es einige Stunden lang auf einem Haufen liegen läßt. Das feuchte Zeug wird vor

der Kalander niedergelegt, welche aus einer Anzahl von Walzen besteht, die in einem starken Rahmen laufen und durch beschwerte Hebel zusammengedrückt werden. Die Walzen liegen parallel, die eine über der anderen und haben an ihrer Achse einen Trieb, durch welchen sie in Bewegung gesetzt werden. Die zwei kleinsten Walzen sind von Gußeisen, fein abgedreht und polirt, die größeren von Papier. Das Zeug muß zwischen sämmtlichen Walzen hindurchgehen und wird zuletzt auf einen großen Cylinder aufgewunden. Die Kalander hat eine ganz ähnliche Construction, wie die in Fig. 269 u. 270 dargestellten Preßwalzen, weshalb es unnöthig erscheint, eine besondere Zeichnung derselben zu geben.

Das Ansehen des Zeuges wird durch das Kalandern wesentlich verändert. Wenn man es bloß die gegossenen Walzen passiren läßt, so werden die Fäden abgeplattet; sie erhalten aber durch die anderen Walzen ein eigenthümlich weiches Ansehen. Läßt man zwei Stücke Zeug auf einmal durch die Kalander gehen, so machen die Fäden der einen Lage einen Eindruck auf die andere Lage, und beide erscheinen dann hart und drahtartig.

Nachdem das Zeug durch alle diese Operationen gegangen ist, wird es gefalten und mit dem Stempel des Fabrikanten und des Marktes, für den es bestimmt ist, gezeichnet. Es ist dann zum Verschicken fertig.

Wenn man das Zeug selbst bedrucken will, so werden die beiden letzten Processe und manchmal auch das Stärken unterlassen, da man vor dem Drucken nur die natürliche Farbe zu entfernen braucht. Viele Drucker lassen die Zeuge aber vorher stärken, da dieses manche Erleichterung bei den späteren Operationen herbeiführt. Die Stoffe werden dann nach dem Stärken getrocknet, auf eine Walze gewunden und zum ferneren Gebrauch verwahrt.

Unverbrennliche Stoffe. Bei der Appretur hat man in neuerer Zeit noch eine Verbesserung angebracht, die allerdings auf das Aussehen und die Schönheit der Fabrikate keinen Einfluß ausübt, aber doch von der allergrößten Wichtigkeit ist. Diese Verbesserung besteht darin, daß man solche Stoffe, die im ungefärbten Zustande zu Kleidungsstücken verarbeitet werden, unverbrennlich macht. Von welcher Bedeutung dieses ist, ergiebt sich wohl am besten aus der großen Menge von Unglücksfällen, welche jährlich durch Entzündung von Kleidern herbeigeführt werden. Nach den Civilstandslisten starben in den fünf Jahren 1852 bis 1856 in England und Wales 9998 Menschen in Folge von Verbrennungen und von diesen sind nachweisbar 2181 Personen durch Entzündung der Kleider zu Tode gekommen. Die leichten Gewebe, die Tarlatans, Mousselines, Mulls ꝛc. brauchen nur einer Lichtkerze oder einem Ofen unvorsichtig genähert zu werden, um augenblicklich in Flammen zu stehen und das Leben der Trägerin zu gefährden. Wenn auch bei uns die Gefahr nicht so groß ist wie in England, wo durch die in offenen Kaminen brennenden Feuer die Unglücksfälle weit häufiger sind, so vergeht doch kein Jahr, wo nicht die öffentliche Aufmerksamkeit auf derartige Trauerfälle gelenkt wird; die furchtbarste Katastrophe dieser Art ereignete sich wohl auf dem durch sein tragisches Ende berühmten Ball, welchen der Fürst Schwarzenberg zu Ehren des ersten Kaisers der Franzosen in Paris gab.

Schon seit langer Zeit hat man sich bemüht, derartigen Unglücksfällen durch eine Präparation der Zeuge vorzubeugen, ohne dadurch aber genügenden Schutz erreicht zu haben. Auf directe Veranlassung der Königin von England, welche von diesen zahlreichen Unglücksfällen tief ergriffen war, haben Versmann und Oppenheim alle früheren Versuche wiederholt und neue Arbeiten in dieser Richtung unternommen, die endlich mit dem besten Erfolge gekrönt wurden. Sie fanden, daß zwei Salze, wenn man die Zeuge in Lösungen derselben tränkt, das Vermögen haben, die Stoffe unverbrennlich zu machen, d. h. so weit, daß sie in Berührung mit Feuer nur verkohlen, nie aber in Flamme ausbrechen können, wodurch alle Gefahr beseitigt ist. Diese Salze sind das schwefelsaure Ammoniak und das wolframsaure Natron. Das letztere wird gegenwärtig in England in großem Maßstabe hierzu angefertigt und unter dem Namen „Damen-Leben-Erhalter“ für billigen Preis verkauft.

Das schwefelsaure Ammoniak ist nicht für solche Stoffe, welche heiß gebügelt werden müssen, anwendbar, weil das Eisen auf den damit imprägnirten Zeugen nicht mit der erforderlichen Leichtigkeit gleitet. Für derartige Sachen muß man sich des wolframsauren Natrons bedienen. Die Zeuge werden, nachdem sie gestärkt und lufttrocken geworden sind, in die Lösung des Salzes getaucht, beim schwefelsauren Ammoniak nimmt man 1 Th. Salz auf 10 Th. Wasser, und dann entweder getrocknet oder beim wolframsauren Natron zwischen Leinen gebügelt.

Bei der Anwendung des schwefelsauren Ammoniaks hat man nur Sorge zu tragen, daß die Lösung vollkommen neutral ist und keine freie Säure enthält, wie bei dem im Handel vorkommenden Salz häufig der Fall ist. Die Schwefelsäure muß dann durch Zusatz von kohlensaurem Ammoniak neutralisirt werden. Das wolframsaure Natron gewährt den großen Vortheil, daß es auch bei allen gefärbten Stoffen angewandt werden kann, ohne daß die Farbe derselben im Geringsten darunter leidet. Selbstverständlich muß die Präparation mit den Salzen nach jedem Waschen wiederholt werden, was aber mit der größten Leichtigkeit ausgeführt werden kann und nur geringe Kosten verursacht.

In Vorstehendem ist ein Bild der verschiedenen Operationen des Bleichens gegeben, um sie einzeln kennen zu lernen. Es war dabei unthunlich, mehr als allgemeine Angaben über die Concentration der einzelnen Flüssigkeiten zu machen, da diese nothwendiger Weise immer nach der Beschaffenheit der Stoffe und der Gewebe abgeändert werden muß, die Regulirung der Stärke der Bäder sowie die Zeitdauer des Verweilens der Stoffe in denselben dem Ermessen und der Kenntniß des Bleichers anheim fällt. Um jedoch zu zeigen, wie verschieden diese Processe ausgeführt werden können, wollen wir einige Methoden hier näher anführen, von denen die beiden ersten — bekannt unter dem Namen Grean's und amerikanischer Bleichproceß — dem Werke von Persoz entnommen sind.

Grean's Proceß.

Erster Abschnitt: Das Reinigen.

Die Stoffe werden:

1) In Sodalauge von 2 Grad (Gay-Lussac) Stärke 48 bis 50 Stunden lang eingetaucht. Diese Lauge enthält 0,6 Th. reines Natron auf 300 Wasser oder 1 Th. Soda auf 300 Th. Wasser.

2) Ausgewrungen und gewaschen.

3) Vierundzwanzig Stunden lang in Aetznatronlösung von 12° Stärke gelegt.

4) Ausgewrungen und gewaschen.

5) Eine halbe Stunde lang in einem Bade, welches aus 1 Th. Salzsäure auf 20 Th. Wasser besteht, gesäuert.

6) Ausgewrungen und gewaschen.

7) 24 Stunden mit einer Lösung von Aetznatron von 9° Stärke behandelt.

8) Ausgewrungen und gewaschen.

9) Gesäuert wie unter 5.

10) 12 Stunden lang in Sodalauge von 6° Stärke gelegt.

Zweiter Abschnitt: Die Entfärbung.

11) Zwei Mal, jedesmal 3 Stunden lang, zuerst in ein Bad von Bleichflüssigkeit, die 1,5° am Chlorometer zeigt, und dann in ein Bad von 1° eingetaucht.

12) Vier Stunden lang in Sodalauge von 4° erwärmt; diese wird so allmälig zum Kochen erhitzt, daß das Sieden nur 2 Stunden dauert.

13) Säurebad wie unter 5.

14) Ausgewrungen und gewaschen.

15) Drei Stunden lang einem Bleichbade von 0,75 chlorometrischen Graden ausgesetzt.

16) Säurebad aus 1 Th. Säure auf 300 Th. Wasser. Und schließlich gründlich gewaschen.

Grean war der Erste, der den Grundsatz aufstellte, man müsse die Stoffe nicht eher der Einwirkung der bleichenden Agentien aussetzen, bis die Harze und Fette vollkommen abgeschieden seien. Sein Proceß zeichnet sich namentlich dadurch aus, daß man die fetten Stoffe allmälig auszieht, indem man wiederholt verdünnte Laugen anwendet, und daß die Zeuge nach der Behandlung mit Bleichflüssigkeit erst mit Sodalauge gekocht werden, ehe man sie der Einwirkung der Säure aussetzt. Hierdurch findet eine doppelte Zersetzung Statt: der Kalk der Bleichflüssigkeit wird durch die Soda abgeschieden, während diese seinen Platz einnimmt.

Amerikanischer Proceß.

Erster Abschnitt: Das Reinigen.

Die verschiedenen Operationen bestehen in:

1) Bäuchen mit Kalk 20 bis 24 Stunden; auf 1000 Stück Zeug von $^3/_4$ engl. Elle breit (1 engl. Elle = $1^3/_8$ Elle preuß.) nimmt man 36 Pfd. frisch gebrannten Kalk und statt Wasser den Rückstand von 3.

2) Waschen.

3) Bäuchen mit Kalk 20 bis 24 Stunden, 36 Pfd. Kalk auf 1000 Stück Zeug.

4) Waschen.

5) Säurebad, lauwarme Schwefelsäure von 1° B.

6) Waschen.

7) Bäuchen mit kohlensaurem Natron, man nimmt hierzu den Rückstard von 12, zu dem man noch auf je 1000 Ellen Zeug 2 Pfd. calcinirte Soda fügt.

8) Waschen.

Zweiter Abschnitt: Die Entfärbung.

9) Eintauchen in ein Bad von Bleichflüssigkeit, welches so verdünnt ist, daß es am Aräometer keine Angabe mehr giebt, und daß es beim Zusatz von Säure nicht mehr merklich Chlor entwickelt.

10) Säurebad, Salzsäure von 2° B.

11) Waschen.

12) Bäuchen in Soda, 24 Stunden lang, auf 1000 Ellen Kattun nimmt man 9 Pfd. kohlensaures Natron.

13) Waschen.

14) Zweites Bleichbad wie unter 9.

15) Säurebad von 2° B. wie unter 10.

16) Waschen und Auswringen.

Nach Tribeltorn und Bolley kann man das heiße Bäuchen ganz vermeiden, wenn man zur Reinigung der Stoffe eine zinnoxydhaltige Lauge anwendet. Sie beschreiben ihr Verfahren folgendermaßen.

Das Zinnoxyd, welches wir anwenden, ist in dem sogenannten „Präparirsalz“ enthalten; man erhält letzteres, indem man 1 Pfd. Zinnchlorid mit Wasser auf 9 bis 10° B. (spec. Gew. 1,060 bis 1,070) verdünnt und bis zum Sättigungspunkt mit einer Lösung von krystallisirtem kohlensaurem Natron versetzt; man gebraucht dabei beiläufig 1 Pfd. 14 Unzen krystallisirte Soda. Dieses Präparirsalz wenden wir in verschiedenen Verhältnissen und von verschiedener Stärke an, je nach der Beschaffenheit der zu bleichenden Waare und dem zu erlangenden Grade des Bleichens. Die Behandlungsweise ist nachstehende:

Bleichen baumwollener Gewebe zum Verkauf als weiße Waaren. Die Gewebe werden:

1) in lauwarmem Wasser 12 Stunden lang eingeweicht,

2) gewaschen,

3) zwei Stunden lang in einer Flüssigkeit eingeweicht, welche besteht aus 3 Pfd. „Präparirsalz“ aufgelöst in 5 Maß (1 Maß gleich dem Raum, welchen 2 Pfd. Wasser einnehmen) Aetznatronlauge von 39° B. und verdünnt auf 1° B. (1,005 spec. Gew.);

4) durch die Wringmaschine passirt, um die angewandte Flüssigkeit auszupressen und zu sammeln:

5) eine halbe Stunde lang in verdünnter Schwefelsäure von 1° B. eingeweicht;

6) gewaschen;

7) in einer schwachen Chlorkalklösung eingeweicht, oder durch die Bleichflüssigkeit passirt und vier Stunden lang auf einen Haufen gelegt;

8) drei Stunden lang in verdünnter Schwefelsäure von 2° B. eingeweicht;

9) gewaschen;

10) in einer Auflösung von kohlensaurem Natron von $1^1/_4$° B. (1,0075 spec. Gew.) drei Stunden lang gekocht;

11) gewaschen;

die zwei letzterwähnten Operationen werden nur vorgenommen, wenn die Gewebe ganz vollkommen gebleicht werden sollen;

12) vier Stunden lang in einer Chlorkalklösung eingeweicht, welche auf $\frac{1}{2}^0$ B. (spec. Gew. 1,0025) verdünnt ist;

13) drei Stunden lang in Schwefelsäure von $1\frac{1}{2}^0$ B. (spec. Gew. 1,010) eingeweicht;

14) gewaschen.

Bleichen der Baumwollenzeuge, welche gefärbt oder mit Dampffarben bedruckt werden sollen. Die Behandlung dieser Zeuge ist wie die vorhergehende, nur wird die Flüssigkeit Nr. 3 nicht auf 1^0 B. verdünnt, sondern auf $1\frac{1}{2}^0$ B.

Die zinnoxydhaltige kaustische Natronlauge behält ihre Eigenschaften mehrere Monate bei, wenn man nur besorgt ist, ihr nach jedesmaligem Gebrauch so viel von einer stärkeren Lösung beizumischen, als nothwendig ist, um sie auf die erforderliche Stärke zu bringen.

Claußen bringt die zu bleichenden Stoffe nach dem Reinigen zuerst in eine Lösung von kohlensaurem Natron und dann in die Bleichflüssigkeit. Dadurch entsteht eine doppelte Zersetzung: es bildet sich unterchlorigsaures Natron und unlöslicher kohlensaurer Kalk. Der letztere wird im Säurebade in Chlorcalcium verwandelt und dann ausgezogen. Bei Stoffen, welche türkischroth gefärbt werden sollen, oder bei Leinen ist die Anwendung des Kalks und der Salzsäure nicht vortheilhaft, Claußen gebraucht dann statt dieser Materialien unterchlorigsaure Magnesia und Schwefelsäure. Das Magnesiasalz wird dargestellt, indem man 2 Th. schwefelsaure Magnesia — Bittersalz — in 12 Th. Wasser und 1 Th. Chlorkalk in 12 Th. Wasser löst und beide Flüssigkeiten vermischt; es entsteht ein Niederschlag von schwefelsaurem Kalk, während die darüberstehende Lauge unterchlorigsaure Magnesia enthält. Für Stoffe, welche ungefärbt in den Handel gebracht oder welche mit Krapp gefärbt werden sollen, wendet man in der Fabrik der Herren Higginbotham und Söhne in Glasgow folgende Modification von Claußen's Proceß an:

1) Das Reinigen. Zwei Stunden lang mit kaustischer Sodalauge spec. Gew. 1,005, der man 5 Proc. vom Gewicht der Soda Aetzkalk zugesetzt hat, gebäucht.

In kohlensaurem Natron spec. Gew. 1,010 eingeweicht.

Salzsäurebad spec. Gew. 1,015.

Waschen.

2) Das Bleichen. In heißer, aber nicht kochender Lösung von kohlensaurem Natron eingeweicht.

Bad von Bleichflüssigkeit spec. Gew. 1,015.

Salzsäurebad spec. Gew. 1,015.

Waschen.

Bäuchen mit Harzseife.

Die noch heißen Stoffe werden aus dem Bäuchkessel in Bleichflüssigkeit gebracht.

Säurebad wie oben.

Waschen.

Higgins in Manchester beschreibt seinen patentirten Proceß wie folgt:

3500 Pfd. Zeug passiren nach dem Sengen durch eine Flüssigkeit, die dargestellt wird, indem man 244 Pfd. Aetzkalk mit einer beliebigen Menge Wasser löscht. Wenn das Zeug von dieser Flüssigkeit durchdrungen ist, fügt man mehr Wasser und 20 bis 30 Pfd. Bleichflüssigkeit von 1,040 spec. Gew. hinzu und erhitzt das Ganze 14 Stunden lang durch Dampf. Nach dem Kochen entfernt man die Stoffe, wäscht sie und bringt sie dann in ein Bad von Schwefelsäure von 1,015 spec. Gew. oder von Salzsäure von 1,010 spec. Gew.; darauf werden sie wieder gewaschen und in einen anderen Bäuchkessel gebracht, der eine auf folgende Weise dargestellte Mischung enthält: In einen eisernen Kessel werden 300 Pfd. Wasser, 120 Pfd. calcinirte Soda und 80 Pfd. amerikanisches Harz gebracht, das Ganze wird 8 Stunden lang gekocht und dann 25 Pfd. Aetzkalk in Form von Kalkmilch hinzugefügt. Das Kochen wird 6 Stunden lang fortgesetzt, die Lösung dann mit der erforderlichen Menge Wasser vermischt, zu dem Zeug in den Bäuchkessel gebracht und dort 14 Stunden lang gekocht. Die Stoffe werden dann gewaschen und in einer Lösung von Chlorkalk von 1,025 spec. Gew. eingeweicht. Darauf folgt ein Bad von Schwefelsäure spec. Gew. 1,015 oder Salzsäure spec. Gew. 1,010 und endlich ein gründliches Waschen. In manchen Fällen ist es vortheilhaft, noch außerdem mit Soda allein zu bäuchen.

Zum Bleichen der Mousseline wendet man die folgende Methode an. Die bei Kattunen und anderen baumwollenen Geweben fast in Vergessenheit gerathene Operation der Gährung ist der erste Schritt beim Bleichen der Mousseline; diese findet bei einer Temperatur von 40 bis 60^0 Statt und dauert 36 Stunden. Dann folgt ein sechsstündiges Bäuchen, wozu man auf 112 Pfd. Gewebe 6 bis 7 Pfd. Perlasche nimmt und 2 Pfd. Schmierseife in 3600 Pfd. Wasser gelöst. Die Gewebe kommen dann in die Waschräder; nach dem Waschen wird das Bäuchen mit 3 Pfd. Perlasche und 2 Pfd. Schmierseife wiederholt; Waschen; dann folgt ein Bleichbad, welches 6^0 nach der Indigoprobe zeigt. Die Stoffe bleiben darin 6 bis 12 Stunden, werden gewaschen und kommen ins Schwefelsäurebad von 1,0175 spec. Gew. Sie werden dann eine halbe Stunde lang mit $2\frac{1}{2}$ Pfd. Perlasche und 2 Pfd. Schmierseife gebäucht; gewaschen und wieder in ein Bleichbad von 3^0 gebracht, worin sie 6 Stunden lang bleiben; gewaschen, in Schwefelsäure von 1,015 spec. Gew. gesäuert und zuletzt gewaschen. Manchmal wendet man Kalk statt Potasche an, dann darf das Kochen aber nicht länger als 15 Minuten lang fortgesetzt werden, da die Gewebe sonst leiden würden.

Barlow's Verfahren mit Anwendung des S. 1043 dargestellten Hochdruck-Bäuchapparats zeichnet sich durch bedeutende Zeitersparniß aus. Es ist in Ure's Dictionary folgendermaßen beschrieben:

1) Der Trog der Waschmaschine wird mit ziemlich consistenter Kalkmilch halb gefüllt, worauf die Stoffe hindurch genommen und dann sofort in die Bäuchcylinder gebracht werden. Das ganze in einen Cylinder zu bringende Zeug ist endweise zusammengeheftet und wird durch einen Knaben, der durch das Mannloch in den Cylinder tritt, in regelmäßigen Lagen darin aufgestapelt, bis der Apparat bis oben gefüllt ist.

2) Wenn beide Cylinder gefüllt sind, wird das Zeug darin durch einen beweglichen Rost befestigt, zusammengedrückt und das Mannloch verschlossen. In beide Cylinder läßt man dann oben Hochdruckdampf einströmen, welcher das Zeug nochmals zusammenpreßt, das Kalkwasser durch die geöffneten Hähne *m* austreibt und zu gleicher Zeit die Luft verdrängt. Wenn nur noch Dampf aus den Hähnen *m* tritt, sperrt man die Verbindung mit dem Dampfkessel ab, schließt die Hähne *m* und läßt in den ersten Cylinder 40 Pfd. Aetzkalk, die mit 6000 Pfd. siedend heißem Wasser gelöscht sind, eintreten. Durch Oeffnen des Dampfhahnes läßt man dann diese durch das Zeug und die Verbindungsröhre in den zweiten Cylinder drücken und dann bei veränderter Stellung der Hähne wieder in den ersten zurückkehren. Dasselbe wiederholt man ununterbrochen etwa acht Stunden lang. In jeden Cylinder kommen 7000 Pfd. Zeug, die in der Waschmaschine etwa 200 Pfd. Kalk aufnehmen; beim ersten Abblasen fließt nur ein klares Kalkwasser ab, so daß fast die Gesammtmenge des Kalkes in dem Zeuge zurückbleibt.

3) Nach Beendigung des Bäuchens läßt man den Dampf ausströmen, öffnet das Mannloch, entfernt den Rost und läßt das Zeug unmittelbar in die Waschmaschine gehen, um den noch anhängenden Kalk zu entfernen.

4) Die Stoffe kommen ins Säurebad von Salzsäure von 1,010 spec. Gew. Sie bleiben zwei bis drei Stunden darin und werden entweder eingetaucht oder durch Walzen darin bewegt.

5) Nach erneuertem Waschen kommen die Stoffe wieder in den Bäuchapparat.

6) Nach dem Abtreiben des kalten Wassers durch einströmende Dämpfe läßt man auf die 7000 Pfd. Zeug in jeden Cylinder eine siedend heiße Flüssigkeit, bestehend aus 6000 Pfd. Wasser mit 224 Pfd. wasserfreier Soda und 150 Pfd. Harz, hinzutreten und treibt diese abwechselnd während acht Stunden aus dem einen in den anderen Cylinder. Das Verhältniß der Soda läßt man dabei nach der Beschaffenheit des Zeuges variiren, bei sehr starken Zeugen nimmt man etwas mehr, bei schwachen etwas weniger, als angegeben.

7) Darauf wird das Zeug wieder gewaschen und dann ins Bleichbad gebracht. Die Chlorkalklösung wird dabei auf 27 bis 32° C. erwärmt, das Zeug wird entweder durch Haspeln in der Maschine darin herumgenommen, oder man bringt das Zeug in eine Kufe, läßt die Chlorkalkflüssigkeit darauf fließen und pumpt diese unten ab, wobei sie sich oben immer von Neuem über die Stoffe ergießt, so daß die Flüssigkeit in steter Circulation bleibt. Bei Anwendung der Maschine giebt man dem Bleichbade eine solche Concentration, daß es ein specifisches Gewicht von 1,0025 hat; gebraucht man aber die Pumpe, so verdünnt man noch weit mehr. Bei zarten Stoffen setzt man dem Bleichbade noch Kalkmilch zu, wodurch die Einwirkung des Chlors verzögert und abgeschwächt wird, wodurch die Stoffe auch weniger darunter leiden. In dem Bleichbade verweilen die Stoffe je nach ihrer Beschaffenheit zwei bis acht Stunden und kommen dann wieder ins Säurebad von Salzsäure oder Schwefelsäure von 1,010 spec. Gew., worauf sie zum letzten Male gewaschen werden.

B. Leinen. Ehe wir zur Beschreibung der Bleicherei leinener Gewebe übergehen, ist es erforderlich, die Gewinnung und Zubereitung der Gespinnstfaser selbst zu betrachten, da gerade die Zubereitung der Faser von allergrößtem Einfluß auf die Qualität ist. Die Flachspflanze, welche die Gespinnstfaser für die leinenen Gewebe liefert, ist in Fig. 273 dargestellt. Ihre Cultur

Fig. 273.



stand vormals in Deutschland in höchster Blüthe, von unserem Vaterlande aus wurde das feinste Leinen auf alle Märkte der Welt gebracht und schaffte vielen Tausend Arbeitern lohnenden Gewinn. Mit Ausnahme weniger Districte liegt der Flachsbau jetzt dagegen fast überall darnieder und unserer Leinenindustrie wird nicht allein durch die Baumwolle, sondern auch auf allen fremden Märkten durch ausländische Fabrikate die Concurrenz schwierig gemacht. Die Ursache hiervon ist wohl namentlich darin zu suchen, daß der Flachsbau jetzt und fast ausschließlich nur von kleinen Grundeigenthümern, Tagelöhnern und Domestiken betrieben wird, die nach bestem Wissen und Können die Faser sich selber bereiten und während der langen Winterabende einen kümmerlichen Verdienst durch Spinnen und Weben sich verschaffen. Es ist aber in der Industrie eine allgemein anerkannte Erfahrung, daß nur durch Theilung der Arbeit, durch strenge Centralisation jeder einzelnen Beschäftigung Großes erreicht werden kann, nicht aber wenn der Einzelne vom ersten Rohstoff bis zum vollendeten Fabrikat arbeiten

will. Eine solche Theilung der Arbeit hat man im Auslande mit größtem Erfolg dadurch erreicht, daß man den Flachs in eigenen Anstalten bis zur verspinnbaren Faser bearbeitet und diese an Spinnereien zur Vollendung des Fabrikats abgiebt. Wenngleich solche Anstalten auch bei uns an vielen verschiedenen Orten errichtet sind, so haben doch bis jetzt nur noch wenige ihren Zweck erreicht, die meisten erhalten sich nur mit größter Mühe. Der Grund hiervon liegt darin, daß es nicht möglich ist, bis jetzt genügende Mengen von Rohflachs anzuschaffen, indem die meisten großen Landwirthe ihren Flachsbau nicht ausdehnen wollen, die kleineren aber meistens so hohe Preise für ihr Rohproduct fordern, daß kein Gewinn bei dessen Verarbeitung bleiben würde. Und doch ist es klar, daß in einer solchen Anstalt ein weit besseres und gleichmäßigeres Product gewonnen werden kann, als bei dem bei uns gewöhnlichen Verfahren, wo nie die erforderliche Aufmerksamkeit und Sachkenntniß darauf verwendet wird. Soll die deutsche Leinenindustrie wieder den Platz einnehmen, den sie früher inne hatte und den sie leicht erreichen kann, so kann dieses sicherlich nur durch ganz systematisch betriebene Theilung der Arbeit geschehen. Giebt es dann noch keine lohnendere Beschäftigung für die Winterabende, so kann jeder Producent den gereinigten Flachs von den Bereitungsanstalten zurückkaufen und wird immer noch sich besser stehen, als wenn er die ganze Zubereitung selbst besorgt hat.

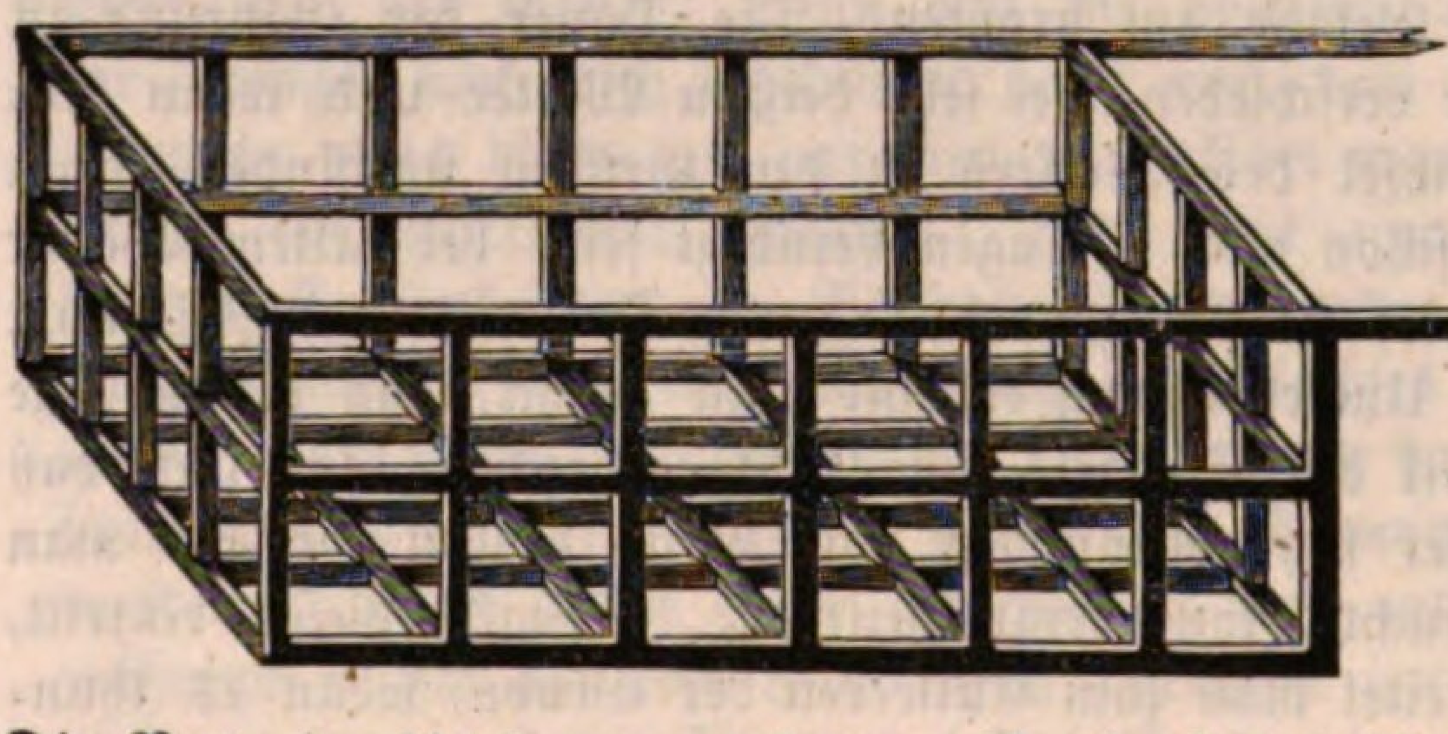
Die Leinpflanze besteht aus einer dünnen äußeren Hülle, die den Bast oder die Flachsfaser umschließt, und diese umhüllt wieder einen holzigen Kern. Alle drei sind in der Pflanze von Pflanzenschleim durchdrungen und durch ein eiweißartiges Bindemittel mit einander verbunden. Diese sämmtlichen Theile müssen beseitigt und die Flachsfaser freigelegt werden. Es geschieht theils auf chemischem, theils auf mechanischem Wege. Durch einen Gährungsproceß zerstört man zuerst den Pflanzenschleim und das eiweißartige Bindemittel, wodurch sich dann die einzelnen Theile des Stengels leicht von einander sondern lassen. Diese Gährung des Flachsstrohs bezeichnet man als die **Rotte** oder das **Rösten**. Nach gut verlaufenem Rösten ist der Zusammenhang der einzelnen Theile des Strohes zerstört, die Faser läßt sich leicht von dem holzigen Theil trennen und dieser wird durch das Austrocknen spröde und brüchig, während die Faser ihre Geschmeidigkeit und Weichheit behält, so daß die Sonderung auf mechanischem Wege leicht erreicht werden kann.

Auf den rein mechanischen Theil der Arbeit einzugehen, wäre hier nicht am Orte; wir wollen uns daher darauf beschränken nur die Röstung näher zu betrachten, um so mehr, da diese am meisten Einfluß auf die Qualität des Flachses hat.

Man unterscheidet beim gewöhnlichen Betriebe drei verschiedene Methoden des Röstens oder der Rotte: die **Wasserrotte**, die **Thaurotte** und die **gemischte Rotte**.

Wasserrotte. Das von den Knoten befreite Flachsstroh wird möglichst gleichmäßig gelegt, so daß alle Wurzelenden beisammen sind, und mit Strohseilen zu mäßig großen Bündeln zusammengeschnürt. Zweckmäßig läßt man dabei schon eine Sortirung der einzelnen Stengel eintreten, indem man alle langen für sich bündelt und alle kurzen ebenfalls für sich verarbeitet. Es ist dies um so nothwendiger, weil auf eine gleichmäßige Länge des fertigen Products Vieles ankommt und weil kurze Fasern den Werth des Uebrigen beeinträchtigen. Das Rotten geschieht entweder in Flüssen, oder in Teichen, oder in eigens zu diesem Zwecke hergerichteten Gruben. Im Flusse zu rotten, ist nicht zweckmäßig, weil der stete Zustrom des Wassers die Substanzen fortführt, welche aus den Stengeln ausgezogen sind und die Rotte beschleunigen; ist man aber darauf angewiesen, im Flusse zu rotten, so wählt man dazu eine Stelle am Ufer, eine Bucht, in der keine starke Strömung stattfindet, und verhindert das Wegschwemmen des Strohs dadurch, daß man die Rotte hinter einem Haken vornimmt oder indem man die Stengel in einen großen hölzernen, durchlöcherten Kasten, oder auch in einen Lattenkasten (Fig. 274) bringt und sie darin ins Wasser versenkt.

Fig. 274.



Die Rotte im Teich vorzunehmen, ist ebenfalls nicht zu empfehlen, sobald der Teich Fische enthält; denn diese gehen durch die bei der Gährung gebildeten Stoffe zu Grunde und werden in kurzer Zeit vergiftet.

Ueberall, wo die Bereitung des Flachses einigermaßen rationell betrieben wird, findet man zur Rotte eigens vorgerichtete Gruben. Diese liegen entweder in unmittelbarster Nähe eines kleinen Gewässers oder sind doch durch einen Graben mit diesem verbunden. Sie sind 4 Fuß tief in die Erde versenkt und mit Steinen ausgemauert, und an zwei Seiten mit Schützen versehen, um den Zustrom des Wassers reguliren zu können. Sehr zweckmäßig ist es, unter den Gruben eine Röhrenleitung anzulegen, um das Wasser nach beendigter Rotte ganz ablassen zu können, wie es z. B. in einigen Gegenden von Thüringen geschieht. Die unter der Grube liegende Röhre steht mit dieser in Verbindung und ist durch einen mit Werg umwickelten Pflock verschlossen, so daß während des Betriebes kein Wasser abfließen kann. Es ist selbstverständlich, daß die Anlage dieser Röhrenleitung nur da geschehen kann, wo Terrainverhältnisse solches erlauben. Nachdem die Gruben mit Wasser gefüllt sind, oder im Fluß oder im Teich eine entsprechende Stelle vorgerichtet ist, bringt man die Bündel, mit ihren Wurzelenden nach unten gekehrt, in das Wasser, stellt sie in etwas gegen den Horizont geneigter Richtung dicht neben einander und fährt damit fort, bis die Grube gefüllt ist. Ueber die Bündel legt man Bretter und beschwert sie mit Steinen, damit die Stengel im Wasser untergetaucht bleiben. Die Belastung richtet man so ein, daß die Bündel gerade schwimmend erhalten bleiben,

ohne daß sie den Boden berühren. Bei eintretender Gährung steigt die Masse immer mehr in die Höhe, man hat dann durch Vermehrung der Gewichte dafür zu sorgen, daß sie nie über den Spiegel des Wassers hervortrete.

Bei warmem Wetter tritt sehr bald die Gährung ein, was man daran erkennt, daß das Wasser eine schmutzige Farbe annimmt und daß sich Gasblasen entwickeln. Man öffnet dann die Schützen und läßt einen langsamen Strom Wasser durch die Grube fließen; es ist dieses um so nothwendiger, je höher die Temperatur der Luft ist, weil sich sonst die Gährung rasch in Fäulniß verwandelt. Es soll allerdings eine Fäulniß eintreten, diese darf aber nie zu energisch werden, weil sie sonst nicht allein das im Pflanzensaft enthaltene Casein zerstören, sondern auch die Flachsfasern angreifen würde. Um dieses zu verhindern, ist fast unausgesetzte Aufmerksamkeit erforderlich, denn wenige Stunden können schon hinreichen, um einen großen Theil des Flachses zu verderben. Namentlich bei gewitterschwülen Nächten ist die Gefahr am größten. Die Dauer der Gährung ist sehr verschieden; bei sehr heißem Wetter und wenn kein Wechsel des Wassers in den Gruben stattfindet, kann sie schon nach 5 Tagen beendigt sein, bei kaltem Wetter dauert sie bis zu 21 Tagen. Den richtigen Zeitpunkt der Unterbrechung erkennt man daran, daß der holzige Theil des Stengels sich leicht zerbrechen läßt und daß dieser sich vollkommen vom Baste loslöst, sobald man versucht, ihn herauszuziehen. Sobald dieses eintritt, schreitet man zum Entleeren der Grube; wenn es thunlich ist, läßt man das Wasser abfließen, sonst steigen Arbeiter in die Grube hinab und reichen die Bündel anderen Arbeitern, welche sie zuerst in reinem Wasser spülen und dann zum Trocknen auf eine kurz vorher gemähte Wiese bringen und sie daselbst ganz gleichmäßig in einer dünnen Schicht ausbreiten, um sie der Luft und dem Sonnenschein auszusetzen. Nach einigen Tagen werden sie oberflächlich getrocknet sein; man nimmt die Stengel dann auf, bindet sie nahe an ihrem oberen Ende lose zusammen und breitet die Wurzelenden kreisförmig aus einander, so daß die Luft sie leicht durchdringen kann, nachdem man sie gestellt hat. Einen so aufgerichteten Bündel nennt man eine **kleine Kapelle**. In manchen Gegenden pflegt man nach dem vollständigen Austrocknen eine Anzahl der wieder zusammengeschnürten Bündel auf einem Haufen zu verwahren und diesen mit Stroh zu bedecken, und so eine **große Kapelle** zu bilden. Die Rotte im Fluß und im Teich unterscheidet sich kaum von der Grubenrotte, nur erfordert sie mehr Zeit und sie hat nicht so große Gefahr der **Ueberrottung**, wodurch das Verderben des Flachses herbeigeführt wird. Diesem läßt sich aber vollständig dadurch vorbeugen, daß man, wie oben beschrieben ist, für eine theilweise Erneuerung des Wassers in den Gruben Sorge trägt.

Eine sehr große Unannehmlichkeit der Wasserrotte, die namentlich beim Grubenbetriebe mit stehendem Wasser eintritt, ist der durch die Fäulniß hervorgebrachte Geruch, der im höchsten Grade widerwärtig ist und der der Gesundheit höchst nachtheilig werden kann, weshalb es an manchen Orten polizeilich verboten ist, in der Nähe von Wohnungen solche Rottegruben anzulegen. Diesem soll sich dadurch abhelfen lassen, daß man dem Wasser 1/4 Procent seines Gewichts Schwefelsäure zusetzt. Dieses kann aber nicht wohl in den Gruben selbst geschehen. Man nimmt deshalb die Bündel täglich heraus, taucht sie auf einige Minuten in die Mischung von Säure und Wasser und bringt sie dann in die Grube zurück. Nach dem letzten Säuren muß das Stroh höchst sorgfältig in reinem Wasser gespült werden, um den letzten Rest von Säure zu entfernen, weil dieser sonst beim Eintrocknen die Haltbarkeit der Fasern zerstören würde.

Thaurotte. Bei diesem Verfahren benutzt man zur Einleitung und Unterhaltung der Gährung die natürliche Feuchtigkeit der Atmosphäre, die sich im Regen und Thau niederschlägt. Man breitet die Stengel nach dem Riffeln in einer gleichmäßig dünnen Schicht auf einer gemähten Wiese oder auf einem Stoppelfelde aus und läßt sie so lange verweilen, bis die Zeichen der vollendeten Rotte sichtbar werden. Die Dauer dieses Verfahrens ist weit länger wie die der Wasserrotte, ihre Beendigung ist noch mehr von atmosphärischen Einflüssen abhängig, als bei dieser, es vergehen darüber 2 bis 3 Wochen, sie kann aber auch 8 bis 10 Wochen erfordern. Schädlich ist dabei ein lange anhaltend trocknes Wetter mit starkem Sonnenschein, da das Stroh dabei ausgedörrt wird, ohne seinen Zusammenhang zu verlieren. Man sollte dabei beim kleinen Betriebe die Gährung durch häufiges Begießen mit Wasser unterstützen und so die fehlende Feuchtigkeit liefern. Im Großen dieses auszuführen, ist wegen der damit verbundenen Kosten unmöglich.

Eine andere Art der Thaurotte ist die **Schneerotte**, die jetzt aber mehr und mehr abkommt. Man bringt dabei das Flachsstroh beim Anfang des Winters auf die Wiese und läßt es, vom Schnee bedeckt, bis zum Anfang des Frühjahrs liegen.

Gemischte Rotte. Diese ist eine Verbindung der Wasser- mit der Thaurotte. Man läßt die Bündel so lange im Wasser, bis man an dem Eintreten des Geruchs den Anfang der Fäulniß bemerkt, breitet sie dann auf dem Felde aus und läßt sie so lange verweilen, bis die Rotte beendigt ist. Hierbei vereinigt man die Vortheile beider Methoden; man beschleunigt den Proceß durch die Wasserrotte und sichert sich bei der Vollendung durch die Thaurotte gegen die Ueberrottung.

Schon seit Anfang dieses Jahrhunderts hat man sich bemüht, die gewöhnliche Rotte zu verbessern oder wo möglich zu vermeiden, da dieselbe von zu vielen Zufälligkeiten und zu sehr von der Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit des Arbeiters abhängig ist. Versuche, auf rein mechanischem Wege oder durch Einwirkung von Säuren und Alkalien die Trennung der Faser von den Holztheilen zu bewirken, schlugen sämmtlich fehl. Erst im Jahre 1847 wurde eine Methode erfunden, welche, namentlich nach einigen neueren Verbesserungen, durchaus genügende Resultate liefert. **Schenk** kam auf die eigentliche Rotte zurück, er machte sie aber dadurch von den immer wechselnden Temperatureinflüssen frei, daß er sie nicht mehr im Freien,

in stehendem oder fließendem Wasser, sondern in eigenen Anstalten, in großen mit Wasser gefüllten Behältern vornahm, worin durch Dampfheizung eine genaue Regulirung und Gleichheit der Temperatur erreicht werden kann. Damit war zunächst der Impuls zur Gründung von eigenen Flachsbereitungsanstalten gegeben und überall, wo dieselben nicht mit den oben erwähnten Hindernissen zu kämpfen haben, erfreuen sie sich eines günstigen Fortschritts; so ist namentlich in Irland die Leinenindustrie dadurch gewaltig gehoben worden. Für die fernere Bearbeitung wurden sehr bald noch eine Reihe von zweckmäßig construirten Maschinen erfunden, mit deren Hülfe man jetzt in weniger Tagen das rohe Flachsstroh in spinnbare Faser verwandelt, als früher Wochen oder selbst Monate dazu erforderlich waren. Bald nach Streng wurden noch andere Erfindungen bekannt, von denen die von Watt, Buchanan, Terwangne und Burton und Pye die erwähnenswerthesten sind.

In den nach dem Schenk'schen System arbeitenden Anstalten wird die Bereitung folgendermaßen vorgenommen.

Die erste Operation, welche in der Anstalt vorgenommen wird, ist die Samengewinnung. Statt der Handriffel bedient man sich eines rotirenden Walzenpaares, dessen Walzen in geringer Entfernung von einander stehen und durch Maschinenkraft bewegt werden. Den Flachs faßt man an den Wurzelenden und läßt ihn 2 bis 3 Mal durch die Maschine gehen, wodurch die Kapseln zerquetscht werden und der Same ausfällt. Der letztere wird auf eigenen Maschinen weiter gereinigt. Das Stroh wird nun von den Wurzeln befreit, damit das Wasser später leichter die Masse durchdringen könne und damit nicht werthloses Material der ferneren Arbeit unterzogen werde. Zu diesem Zwecke faßt man ein Bündel lose zwischen den Händen und staucht es einige Mal auf einem Tische, damit alle Stengel sich gleichmäßig richten. Das Bündel wird dann in eine den Häckselschneidemaschinen ähnliche Maschine gebracht, worin die Wurzelenden durch Messer, die an einem Schwungrade befestigt sind, abgeschnitten werden. Es folgt hierauf wieder ein Sortiren. Die Bündel werden geöffnet und auf einem großen Tische ausgebreitet, wo alle Stengel von verschiedener Länge und Feinheit ausgelesen und die gleichartigen wieder zusammen aufgebündelt werden. In den irischen Anstalten unterscheidet man meistens drei verschiedene Qualitäten, woraus man die Bündel bildet.

So zubereitet gelangt der Flachs zur Rotte. Die Schenk'sche Rotte unterscheidet sich dadurch wesentlich von der gewöhnlichen Wasserrotte, daß sie mit warmem Wasser vorgenommen wird und daß die Behälter innerhalb der Fabriklocale aufgestellt sind, so daß die Temperatur der äußeren Luft und die Veränderungen des Wetters keinen Einfluß darauf haben. Man bedient sich dazu großer hölzerner Kufen, in denen wenige Zoll über dem eigentlichen Boden ein siebförmig durchlöcherter Boden ruht; zwischen den beiden Böden liegt ein kreisförmig gebogenes, durchlöchertes Dampfrohr, durch welches Wasserdämpfe aus dem Dampfkessel in die Rottekufen gelangen. Die Kufen sind oval, ihr langer Durchmesser 12 Fuß, der kurze 8 Fuß lang, sie sind $4\frac{1}{2}$ Fuß hoch. Außerdem ist ein Wasserrohr angebracht, um die Kufen füllen zu können, sowie ein Abflußrohr zum Entleeren derselben. Es ist zweckmäßig, dabei die Einrichtung zu treffen, daß das Wasser von unten unter dem falschen Boden in die Kufen tritt und oben abfließen kann; es muß dann aber für ein zweites Abflußrohr am Boden gesorgt sein. Der sortirte und wieder gebündelte Flachs wird mit den Wurzelenden abwärts in die Kufe gebracht, diese mit Wasser gefüllt und nun Dampf zugelassen. Den Zustrom des Dampfes regulirt man auf solche Weise, daß die Temperatur des Wassers in jeder Stunde um ungefähr $\frac{1}{2}^0$ steigt. Sobald das Wasser eine Wärme von 26^0 R. erreicht hat, sperrt man den Dampf ab; durch die eintretende Gährung wird nun so viel Wärme frei, daß die Temperatur stets gleich bleibt. Sollte sie etwas sinken, so öffnet man den Dampfhahn und überwacht den Rotteproceß fortwährend mit dem Thermometer, damit das Wasser nie zu warm werde. Nach ungefähr 66 Stunden ist die Rotte beendigt. Man überzeugt sich davon durch das bekannte Verhalten des Bastes; wenn sich die holzigen Theile der Stengel nach dem Einknicken leicht von dem Baste trennen, ohne diesen zu zerreißen, so erklärt man den Flachs für hinreichend gerottet. Man läßt nun das Rottewasser entweder am Boden abfließen, oder man nimmt zweckmäßiger eine Waschung des Flachses vor, indem man unten frisches Wasser zutreten und das gebrauchte Wasser oben abfließen läßt. Die Schmutztheile werden dadurch in die Höhe geschwemmt und entfernt, während sie sich auf dem Flachsstroh ablagern und von diesem wie von einem Filter zurückgehalten werden würden, wenn man das Wasser unten abließe.

Während der Rotte treten folgende Erscheinungen ein:

1) Bräunliche Färbung des Wassers, welche nach und nach sich verstärkt, ohne jedoch ins Dunkelbraune überzugehen.

2) Trübung der braunen, durch mehrere Stunden klar gebliebenen Flüssigkeit und Entwicklung eines schwachen aromatischen Geruchs unter allmäliger Gasentwicklung und Schaumbildung (Anfang des Processes).

3) Verbreitung des Schaums mit größeren Blasen auf der Oberfläche und deutlicheres Hervortreten des aromatischen Geruchs.

4) Bildung eines schleimigen Häutchens, welches die Schaumblasen verbindet.

5) Zunehmende Gasentwicklung unter förmlichem Glucken, wodurch das immer zäher werdende Häutchen an mehreren Stellen durchbrochen wird, so daß die aus Häutchen und Schaumblasen bestehende zusammenhängende Decke des Rottewassers in wellenförmige Bewegung geräth.

Die Schaumblasen nehmen eine bräunliche Farbe an und die geruchlose Gasart, welche das Häutchen durchbricht und große Blasen bildet, charakterisirt sich als Knallluft (entzündet sich bei Berührung mit einer Flamme unter puffendem Geräusch, selbst mit starkem Knall).

6) Allmäliges Abnehmen der Gasentwicklung und der Schaumblasen, stärkeres Hervortreten des — zwar geänderten, jedoch immer noch nicht unangenehmen — Geruchs; dagegen stärkere Bildung des schleimigen, sich

immer dunkler färbenden Häutchens, in welches die Schaumblasen überzugehen scheinen.

7) Eintritt eines scheinbaren Ruhestandes. Geräuschlose Entwicklung eines neuen, blendend weißen, hefeartigen Schaums, welcher hier und da das Häutchen durchbricht und — wo dieses seiner Zähigkeit wegen nicht geschehen kann — dasselbe mehr oder weniger hebt, so daß die Oberfläche der Flüssigkeit ein hügelartiges Ansehen bekommt. Der Geruch beginnt unangenehm zu werden, was besonders dann wahrgenommen wird, wenn man das Häutchen zwischen den Fingern zerreibt, wobei es einen Gestank wie Menschenkoth offenbart (Höhepunkt des Processes).

8) Dunklere Färbung des Häutchens und allmäliges Verschwinden des weißen Schaums.

9) Das Häutchen fängt an sich zu zertheilen, so daß die bräunlich-trübe Flüssigkeit, wie sie früher sichtbar war, mehr und mehr wieder zum Vorschein kommt.

10) Endlich allmäliges Abnehmen der einzelnen, beinahe schwarz gefärbten Stücke des Häutchens, welches immer mehr an Zusammenhang verliert; in demselben Maße stärkeres Hervortreten der bräunlich-trüben Flüssigkeit (Ende des Processes).

Die Entwicklung der unangenehm riechenden Gase macht die Rotte zu einer höchst lästigen Arbeit; man kann sie beseitigen, indem man die Kufen mit einem dicht schließenden Deckel bedeckt und die Gase durch einen darauf befestigten Schornstein ins Freie leitet, oder indem man, wenn der Geruch überhand nimmt, einen schwachen Strom von Wasser durch die Kufen fließen läßt, wodurch der Proceß allerdings verzögert wird.

Der gerottete Flachs wird nun getrocknet. Es geschieht auf zwei verschiedene Weisen. Entweder entzieht man ihm den größten Theil des Wassers in einer Centrifugalmaschine, oder man öffnet die Bündel, breitet sie auf einer Tafel aus, klemmt sie in der Mitte zwischen zwei Holzstäbe und hängt sie so in einem luftigen Trockenschuppen auf. Ein solcher Schuppen ist 90 bis 100 Fuß lang, 12 Fuß breit, bis zum Dach 10 Fuß hoch und ist in der Mitte durch mit Einschnitten versehene Querleisten getheilt. Auf diese hängt man die Stäbe mit den Stengeln und zwar zwei Reihen derselben über einander. Ein Schuppen von dieser Größe reicht hin, um darin den Inhalt von drei Rottekufen zu trocknen. Im Winter muß man die Trocknung in einem durch Dampfröhren geheizten Raume vornehmen. Bei günstiger Witterung ist das Trocknen in 1 bis 2 Tagen vollendet. In geheizten Räumen darf die Temperatur nie höher als 30° R. steigen, weil sonst die Güte des Flachses leiden würde.

Nach dem Trocknen läßt man den Flachs wenigstens 6 bis 8 Wochen lang lagern, passirt ihn dann durch eine Brechmaschine, die aus fünf cannelirten Walzenpaaren besteht, die stufenweise feiner gestellt sind. Die holzigen Theile werden dadurch zerkleinert und lassen sich dann auf der Schwingmaschine leicht trennen. Die Schwingmaschine besteht aus einer eisernen Welle, die durch Dampfkraft in Rotation versetzt wird; auf dieser Welle sitzen 10 gußeiserne Räder und an den 5 Speichen eines jeden dieser Räder sind Schwinghölzer befestigt. Das Ganze ist mit einem Verschlag umgeben und nur an der Peripherie jedes Rades sind Oeffnungen gelassen, durch welche der Flachs der Wirkung der Schwinghölzer ausgesetzt werden kann. Zur Seite eines jeden solchen Rades steht ein Arbeiter; er nimmt mit der linken Hand eine Hand voll Flachs, hält diesen über eine, mit der Bewegung des Rades parallele, senkrechte eiserne Platte und übergiebt mit der rechten Hand zuerst die Wurzelenden, dieselben bestmöglichst ausspreizend und von Zeit zu Zeit wendend, den Schwinghölzern. Nach einiger Zeit dreht er das Flachsbündel und übergiebt in der eben angeführten Weise das andere Ende zur Bearbeitung. Es arbeiten sich zwei Arbeiter gegenseitig mit demselben Flachse in die Hände, indem der eine die erste grobe und oberflächliche Reinigung der Faser von den Strohtheilen besorgt und sie dann dem zweiten Arbeiter zur vollständigen Reinigung und Vollendung übergiebt.

In neuester Zeit hat man angefangen, in kälterem Wasser zu rotten, weil man dadurch ein besseres Resultat erlangt, und macht je nach der Beschaffenheit des Flachses einen Unterschied in der Temperatur des Rottewassers. Für stärkere Stengelflachse wendet man eine Temperatur von 17° R. während 90 bis 96 Stunden, dagegen für feineres Flachsstroh eine Temperatur von 21° R. während 72 Stunden an.

Man breitet jetzt nach dem Rotten, wenn irgend möglich, den Flachs einige Tage auf das Gras aus und zwar namentlich, um demselben die durch die warme Wasserrotte erhaltene grünliche Farbe zu benehmen. Hierbei hat man es ganz in der Gewalt, dem Flachse eine beliebige mehr oder weniger lichte Farbe zu geben, und es ist ein solches Auslegen und späteres Trocknen im Freien äußerst vortheilhaft für die Qualität des Flachses. Das Trocknen im Freien stellt sich gegen die frühere Art, in Trockenschuppen zu trocknen, als zweckmäßiger heraus; ganz besonders aber gegen ein Trocknen mit Anwendung künstlicher Erwärmung. Die Zeitdauer des Auslegens ist je nach Erforderniß verschieden und hängt auch von der Witterung mit ab; im Durchschnitt beträgt dieselbe etwa drei Tage. Der Flachs wird hierauf in Bündel zusammengerafft und letztere in der Weise zum Trocknen aufgestellt, daß man dieselben mit den Wurzelenden ausspreizt, wodurch den Bündeln eine festere Basis gegeben wird.

Eine wesentliche Verbesserung ist von Pownall noch bei der Rottung angebracht und diese besteht darin, daß man die fertig gerotteten Stengel unmittelbar nach dem Herausnehmen aus dem Wasser zwischen zwei eisernen Walzen passiren läßt und gleichzeitig reines Wasser darauf leitet, wodurch nicht allein aller noch anhängende Schmutz beseitigt, sondern auch der Zusammenhang der einzelnen Theile des Strohs sehr verringert wird.

Eine andere die Leitung der Rotte selbst betreffende Abänderung ist von Scrive empfohlen und ist jedenfalls vortheilhaft, wenn man die dazu erforderlichen Mengen von warmem Wasser zur Verfügung hat. Man soll nämlich die in jeder Kufe enthaltene Flachsmasse, welche sich ganz unter lauwarmem Wasser von 32° C. befindet, nur während sechs bis acht Stunden in schwach saure Gährung kommen lassen. Nach Verlauf dieser Zeit

wird eine langsame ununterbrochene Circulation hergestellt, indem man unter den falschen Boden der Kufe lauwarmes Wasser leitet und das Wasser in der Kufe durch ein an der Oberfläche desselben mündendes Rohr abfließen läßt, in dem Maße wie es von unten durch reines ersetzt wird. Die beständige Erneuerung der Flüssigkeit veranlaßt ihre gleichmäßigere Vertheilung in der Masse und verhindert eine zu lebhafte, die Fasern benachtheiligende Gährung. Ueberdies verschwindet bei dieser Verfahrungsweise der an der Oberfläche der Flüssigkeit sich ansammelnde braune Schmutz, der leicht die oberen Theile des Strohes, wenn dieses nicht weit genug vom Spiegel der Flüssigkeit entfernt ist, dunkel färbt.

Dem Schenk'schen Verfahren sehr ähnlich ist sowohl das von Terwangne als auch das von Burton und Pye.

Nach Terwangne werden in eine Kufe oder in einen aus Backsteinen gemauerten Behälter 300 Kilogr. Flachsstroh in Bündeln von höchstens 2 Kilogr., die in der Mitte mit einem einfachen Bindfaden umschnürt sind, vertical eingesetzt. Das Wasser wird kalt in die Kufen gebracht und der Flachs ganz in dasselbe eingetaucht. Das Wasser wird durch einströmenden Dampf ganz allmälig auf 25° C. gebracht und soll diese Temperatur nicht übersteigen. Gleichzeitig mit dem Flachs bringt man gepulverte Holzkohle und Schlemmkreide in die Kufe, um einen Theil der entwickelten Gase zu binden und die Operation geruchloser zu machen. Nach beendigtem Rotten läßt man das Wasser unten abfließen, um es als Dünger zu verwenden, und läßt dann durch von unten eintretendes und oben abfließendes Wasser die noch anhängenden Unreinigkeiten abschwemmen.

Nach Burton und Pye wird das Stroh zunächst zwischen Walzen zerquetscht und dann in eine Kufe gebracht, unter deren durchlöchertem Boden ein Dampfrohr liegt und ein Wasserrohr mündet. Nachdem die Kufe mit dem zerquetschten Stroh gefüllt ist, läßt man gleichzeitig Dampf und Wasser, in welchem Walkererde suspendirt ist, einströmen, wobei man den Zutritt des Dampfes so regulirt, daß die Flüssigkeit, nachdem die ganze Kufe damit gefüllt ist, eine Temperatur von 27° C. hat. Der Flachs bleibt darin dreißig Stunden lang, worauf die Flüssigkeit mit einem seifenartigen Schaum bedeckt erscheint. Man legt alsdann einen dicht an die Wände der Kufe schließenden Deckel auf den Flachs und übt mittelst zwei Schrauben einen kräftigen Druck auf das Stroh aus, um alle Unreinigkeiten auszupressen, läßt das unreine Wasser abfließen und leitet dann reines Wasser, ohne Walkererde, zu, wobei man den Dampf so regulirt, daß die Flüssigkeit nach und nach eine Temperatur von 66° C. erreicht. Nachdem durch wiederholtes Abschwemmen alle Unreinigkeiten entfernt sind, läßt man das Wasser ab und übt dann einen Druck von ungefähr 4000 Centner auf das Stroh aus, dem es 4 Stunden lang ausgesetzt bleibt. Es ist dann halb trocken und wird nach dem Herausnehmen an freier Luft vollständig ausgetrocknet.

Diese Behandlung scheint unserem Urtheile nach nicht empfehlenswerth zu sein, da sie keine wesentlichen Vorzüge vor dem Schenk-Scrive'schen Verfahren hat, dagegen größere Kosten macht und offenbar die Haltbarkeit der Faser beeinträchtigt.

Die Watt'sche Methode unterscheidet sich wesentlich von der von Streng dadurch, daß das Stroh trocken in die Kufe eingesetzt und nur durch Condensationswasser von von unten einströmendem Dampf ausgelaugt wird, ohne daß dabei irgend eine Gährung Statt hat. Sie gewährt dabei den Vortheil, daß die ganze Rotte in zwölf Stunden vollendet ist.

Der zur Ausführung dieses Verfahrens dienende Apparat ist sehr einfach und erfordert nur einen kleinen Raum, da man wegen der Schnelligkeit des Processes in einem einzigen Rottbottich sehr große Mengen von Flachs zu verarbeiten vermag: der Warmwasserrotte gegenüber in einem Bottiche mindestens so viel, wie bei dieser in 4 bis 5 Bottichen.

Der in einem Dampfkessel erzeugte Wasserdampf tritt durch ein Rohr, welches in dem Raume zwischen dem Boden des Bottichs und dem durchbrochenen falschen Boden desselben mündet, in den dampfdicht zu verschließenden Bottich ein und durchströmt das auf dem falschen Boden liegende Flachsstroh. Oben ist der Bottich durch einen eisernen Kasten verschlossen, der mit kaltem Wasser angefüllt wird und die Bestimmung hat, als Condensator zu wirken, d. h. den Dampf, nachdem er durch den Flachs gegangen, zu Tropfen zu verdichten. Um eine gleichmäßige Vertheilung des von oben herabtröpfelnden Wassers zu bewirken, sind an der unteren Seite jenes Kastens herabragende Spitzen angebracht. Die condensirten Wasserdämpfe werden, nachdem sie den Flachs durchzogen und sich mit aufgelösten Stoffen beladen haben, durch den falschen Boden und weiter durch ein am Boden befindliches Abzugsrohr abgeführt.

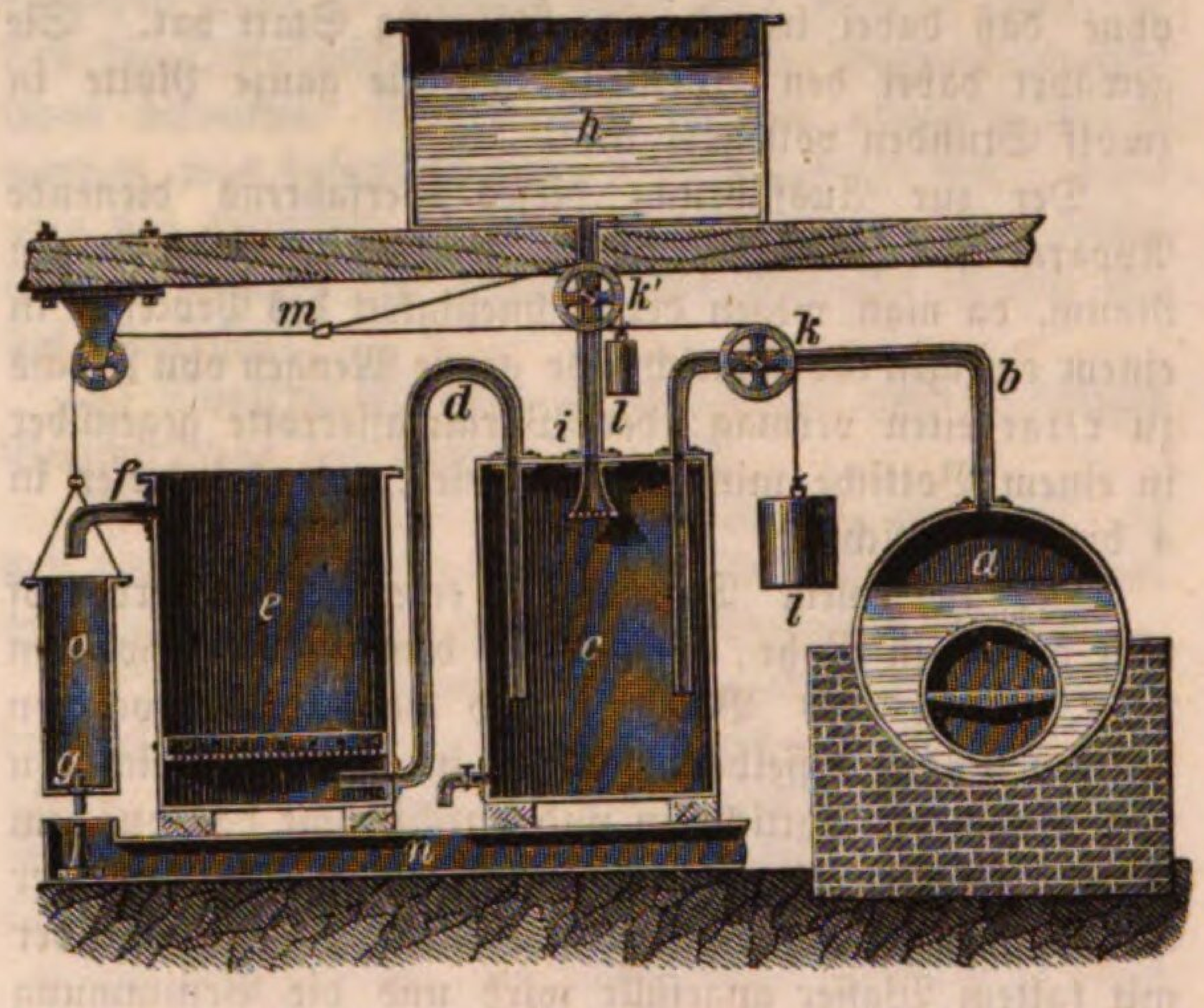
Hat dieses Dämpfen 10 bis höchstens 24 Stunden gedauert, so wird der Flachs herausgenommen und geht durch vier Walzenpaare, welche ungefähr 80 Proc. von dem eingesogenen Wasser auspressen und zugleich die Flachsstengel so zerquetschen, daß die nachherige Trennung der holzigen und Rindentheile von den Bastfasern viel leichter von Statten geht. Von den Walzen kommt derselbe in das mittelst einiger vom Hauptkessel abgeleiteter Dampfröhren geheizte Trockenhaus und aus diesem in die Schwinganstalt. Alle diese Operationen, von dem Rohmaterial an bis zu der geschwungenen, marktfähigen Waare, erfordern nur einen Zeitaufwand von etwa 36 Stunden.

Dem Watt'schen Verfahren ähnlich, aber in der Ausführung doch verschieden ist das von Buchanan. Es dient dazu der in Fig. 275 dargestellte Apparat.

Der zu rottende Rohflachs kommt in die mit einem doppelten Boden versehene Rottekufe *e*. Zwischen dieser und dem Dampfkessel *a* befindet sich ein der Rottekufe gleich großer, hermetisch verschlossener Behälter aus Eisenblech. Derselbe steht zunächst durch das bis nahe auf seinen Boden reichende Rohr *b* mit dem Dampfkessel, durch das Rohr *d*, welches vom Boden dieses Behälters, den wir Condensator nennen wollen, bis unter den falschen Boden der Rottekufe führt, mit letzterer in Verbindung. Außerdem befindet sich oben im Condensator

ein mit einer Brause versehenes Rohr *i*, welches aus dem Behälter *h* kaltes Wasser zuführt. Aus diesem Rohr läßt man zunächst den Condensator sich mit Wasser füllen und leitet dann Dampf in dasselbe, um es zu erwärmen.

Fig. 275.



Sobald das Wasser so warm geworden ist, daß die Dämpfe sich nicht mehr rasch darin verdichten, treibt der Dampf das warme Wasser durch das Rohr *d* in die Rottekufe, wo es von unten aufsteigend die Flachsmasse gleichmäßig durchdringt. Da die Rottekufe und der Condensator gleich groß sind, so kann die mit Flachs gefüllte Kufe nicht alles Wasser aufnehmen, es fließt daher ein Theil desselben durch das Rohr *f* in den an Ketten *m* aufgehängten und durch das Gewicht *l* im leeren Zustande im Gleichgewicht gehaltenen Cylinder *g* ab. Dieser Cylinder wird daher rasch sinken und die Kette *m* nach sich ziehen. Die Kette geht nun zunächst über ein Rad *k*, welches auf dem Hahn des Dampfrohrs *b* so befestigt ist, daß das Niedergehen der Kette diesen Hahn verschließt und folglich den Dampf absperrt. Gleichzeitig ist mit der Kette *m* eine zweite verbunden, welche auf ähnliche Weise über das Rad *k'* geht. Dieses letztere ist auf dem Hahn des Wasserrohrs *i* befestigt, dessen Hahn so gebohrt ist, daß er sich beim Niedergang der Kette öffnet. Es wird dann zunächst der Dampf abgesperrt und, sobald der Cylinder *g* etwas tiefer gesunken ist, der Wasserhahn geöffnet, wodurch kaltes Wasser in den mit Dampf gefüllten Condensator gespritzt wird. Bei diesem Stande trifft dann der Cylinder auf einen feststehenden Eisenstab, der ein am Boden desselben angebrachtes Ventil öffnet, so daß der Inhalt des Cylinders sich in den Abzugscanal *n* ergießt.

Durch die plötzliche Verdichtung des Dampfes in dem Condensator entsteht ein luftleerer Raum, in Folge dessen die Flüssigkeit aus der Rottekufe in den Condensator zurückgetrieben wird. Der seines Inhalts entleerte Cylinder *g* wird durch das Gewicht wieder in die Höhe gezogen und dadurch der Wasserhahn abgesperrt, der Dampfhahn aber wieder geöffnet, so daß das Spiel von Neuem beginnt. Das Wasser wird wieder durch den Dampf erwärmt, durch den Druck in die Rottekufe getrieben und so fort, bis alles Lösliche dem Flachsstroh entzogen ist. Es sollen dazu zehn Uebergießungen mit Wasser genügen und man soll damit schon nach vier Stunden einen gut gerotteten Flachs erhalten. Die Anordnung des sich ganz selbstthätig regulirenden Apparats ist so getroffen, daß die Temperatur des Rottewassers sich immer in den Temperaturgrenzen von 65 bis 85° C. hält und letztere nie übersteigt; bei diesen Wärmegraden soll kein schädlicher Einfluß auf die Faser wahrnehmbar sein.

Denselben Apparat wendet der Erfinder auch zum Trocknen an. Nach beendigter Rottung läßt man nämlich das Wasser aus dem Condensator und die geringe Menge des noch in der Rottekufe bleibenden durch Hähne am Boden abfließen und treibt dann durch ein Gebläse warme Luft in die Rottekufe unter den falschen Boden derselben. Diese verdampft die Feuchtigkeit sehr rasch und läßt die trockene Faser zurück. Die Erwärmung der Luft wird ohne besondere Kosten erreicht, indem man in den Feuerzug, welcher die verlorene Wärme der Dampfkesselfeuerung in den Schornstein führt, ein System von unter einander verbundenen Thonröhren legt und durch diese die Luft treibt, welche hinlänglich erwärmt in die Rottekufe gelangt.

An diesem Verfahren ist namentlich auszusetzen, daß das mit Unreinigkeiten beladene Wasser immer wieder mit dem Stroh in Berührung kommt und daß nicht einmal vor dem Trocknen das an der Faser bleibende Wasser entfernt wird. Das Schenk'sche Verfahren ist erst dadurch zur Vervollkommnung gelangt, daß man das Wasser häufig ersetzt und namentlich durch das spätere Quetschen unter fließendem Wasser, wodurch die gelösten Stoffe erst gründlich entfernt werden. Dieses ist aber bei dem Trocknen in der Kufe nicht möglich.

Bleichen der leinenen Gewebe. Das Bleichen der leinenen Stoffe ist in sofern dem der baumwollenen ähnlich, als im Allgemeinen bei beiden dieselben Hülfsmittel zur Anwendung kommen. Es unterscheidet sich jedoch von jenem dadurch, als die Farbstoffe des Leinens anderer chemischer Beschaffenheit zu sein scheinen und scheinbar durch den Einfluß von Luft und Ozon erst in solche Verbindungen übergeführt werden müssen, welche durch Chlor zerstört werden können. Bei baumwollenen Geweben kann man schon nach den ersten Waschungen und Bäuchen das Chlorbad anwenden; würde man beim Leinen ebenso verfahren, so würden die Farbstoffe dadurch nur noch mehr auf der Faser befestigt werden und später kaum zu entfernen sein. Man läßt daher dem Chlorbade bei der Leinenbleiche mehrere Auskochungen in Soda oder Potaschlauge vorangehen und legt zwischen jedem Bäuchen einige Tage auf den Rasen aus. Die Quantität der durch die Leinenbleiche zu entfernenden Stoffe ist weit größer als bei der Baumwolle. Während das Gewicht der letzteren nur um etwa 5 Proc. abnimmt, werden die leinenen Stoffe um fast ein Drittel ihres Gewichts leichter. Wollte man diese sämmtlichen Unreinigkeiten durch wenige Bäder von größerer Concentration entfernen, so würde die Faser in hohem Grade darunter leiden, man ist daher gezwungen, das Bäuchen, Waschen und Bleichen weit öfter zu wiederholen als beim Bleichen der Baumwolle, wodurch natürlich der

Bleichproceß sich bedeutend in die Länge zieht. Bei dem raschesten Verfahren kann man rohe Baumwollgewebe in zwei Tagen vollständig bleichen und nach dieser Zeit mit schneeweißer Farbe und vollständiger Appretur fertig liefern; in den meisten Leinenbleichereien erfordert derselbe Proceß aber eine Zeit von 20 bis 60 Tagen und nur in seltenen Fällen wagt man so rasch und also mit so starken Bädern zu operiren, daß schon nach sechs Tagen das Fabrikat fertig ist.

In Folgendem seien einige Beispiele von verschiedenen Verfahren gegeben. Die drei ersten beziehen sich auf irische Bleichen; es kommen dabei jedesmal 360 Stück Zeug von 48 rhein. Ellen und 10 Pfd. Gewicht auf einmal in Arbeit. Die folgenden sind westphälische Methoden.

1) Irische Methode mit Rasenbleiche.

1) In schwacher alkalischer Lauge 36 Stunden lang in der Kälte eingeweicht und gewaschen.

2) Mit 60 Pfd. amerikanischer Potasche — die einen bedeutenden Gehalt an Aetzkali hat — gekocht, dann gewaschen und 3 bis 4 Tage lang auf den Rasen gelegt.

3) Mit 80 Pfd. amerikanischer Potasche gebäucht, gewaschen und wieder 3 bis 4 Tage lang auf den Rasen gelegt.

4) Mit 90 Pfd. reiner Potasche, z. B. illyrischer, gebäucht, gewaschen und auf den Rasen gelegt wie oben.

5) Mit 80 Pfd. Potasche gebäucht u. s. w. wie unter 4.

6) In einer Lauge von 60 Pfd. amerikanischer Potasche gebäucht u. s. w.

7) Bad von Schwefelsäure und gewaschen.

8) Mit 60 Pfd. amerikanischer Potasche gekocht, gewaschen und auf den Rasen gelegt.

9) Bad von Bleichkalk, darauf gewaschen.

10) Säurebad, gewaschen und auf den Rasen gelegt.

11) Mit 30 Pfd. amerikanischer Potasche gekocht, gewaschen und auf den Rasen gelegt.

12) Mit 20 Pfd. derselben Potasche gekocht u. s. w.

13) In verdünnte Schwefelsäure gelegt, dann gewaschen und auf den Rasen gelegt.

14) Auf dem Seifenhobel mit Schmierseife gerieben und endlich gewaschen.

2) Irische Methode mit Rasenbleiche.

1) Gährung in schwach alkalischer Lauge während 36 Stunden.

2) Mit 60 Pfd. Aetzkalk gekocht; gewaschen.

3) Mit 50 Pfd. Kalk gekocht; gewaschen.

4) Säurebad von 22 Pfd. Schwefelsäure auf 3000 Pfd. Wasser; gewaschen.

5) Fünfmal wiederholtes Kochen mit 60 Pfd. Soda; gewaschen und jedesmal 3 bis 4 Tage lang auf den Rasen gelegt.

6) Säurebad, 18 Pfd. Vitriolöl auf 3000 Pfd. Wasser; gewaschen.

7) Mit 50 Pfd. Soda gekocht; gewaschen.

8) Bleichbad von $1\frac{1}{4}^{0}$ Indigoprobe; gewaschen.

9) Zweimal wiederholtes Kochen mit 50 Pfd. Soda, Waschen und 3 bis 4 Tage Rasenbleiche.

10) Bleichbad von 2^{0} Indigoprobe; gewaschen.

11) Mit 50 Pfd. Soda gekocht; gewaschen.

12) Bleichbad von 6^{0} Indigoprobe; gewaschen.

13) Säurebad von 18 Pfd. Vitriolöl auf 3000 Pfd. Wasser.

14) Behandlung mit Seife auf dem Seifenhobel und letztes Waschen.

3) Irische Methode ohne Rasenbleiche.

1) Das Zeug wird 36 Stunden lang in einer kalten schwach alkalischen Lauge eingeweicht und dann gewaschen.

2) In einer Lösung, die 60 Pfd. kaustische Soda auf 9000 Pfd. Wasser enthält, 6 Stunden gebäucht und dann gewaschen.

3) In Bleichflüssigkeit, deren Stärke sich nach der Qualität und Farbe der Stoffe richtet, 15 Stunden lang eingeweicht.

4) 6 Stunden lang in ein Bad von Schwefelsäure oder Salzsäure von 1,017 spec. Gew. gelegt und gewaschen.

5) 4 Stunden lang in kaustischer Sodalauge gebäucht wie oben und gewaschen.

6) 14 Stunden lang in ein Bleichbad gelegt, wie oben und gewaschen.

7) Ein zehnstündiges Säurebad und gewaschen.

8) Auf einem Brette mit brauner Seife gerieben und endlich gewaschen.

4) Alte Bielefelder Methode, mit Rasenbleiche, ohne Chlorkalk.

Zeitdauer des Bleichens 50 bis 60 Tage.

1) Entschlichtung durch Gährung. Walken und Waschen.

2) Auslegen während dreier Tage, unter Begießen nach jedesmaligem Trocknen.

3) Bäuchen in Aetzlauge durch fünf- bis sechsmaliges Aufgießen und Ablassen bei steigender Wärme von 57 bis 90° C., wozu 6 bis 8 Stunden erforderlich sind.

4) Auslegen nach vorhergegangenem Spülen wie unter 2.

5) Bäuchen und Auslegen werden noch fünf Mal nach einander wiederholt.

6) Säurebad, 1 Th. concentrirte Schwefelsäure oder 2 Th. Salzsäure von 22° B. auf 100 Th. Wasser. Im Winter wird das Bad etwas erwärmt. Die Stoffe bleiben 6 Stunden darin und werden dann gewaschen.

7) Bäuchen bei 95° C. wie unter 3.

8) Auslegen wie unter 2.

9) Hobeln mit Schmierseife.

10) Bäuchen wie unter 7.

11) Auslegen während zweier Tage.

12) Bäuchen wie unter 7.

13) Auslegen wie unter 11.

14) Sauerbad von saurer Milch oder Molken, während 8 bis 10 Tage. Waschen.

15) Auslegen wie unter 11.

Zeigen sich die Stoffe dann noch nicht genügend ge-

bleicht, so wird das letzte Sauerbad und das Auslegen nach Bedürfniß noch mehrere Male wiederholt.

Das Bleichen ohne alle Anwendung von Chlorkalk wird jedoch gegenwärtig auch in Westphalen nur noch äußerst selten ausgeübt. Als ein Beispiel für den neueren dortigen Betrieb führen wir noch an:

5) Warendorfer Schnellbleiche.

Zeitdauer des Bleichens 6 Tage.

1) Entschlichtung durch Gährung, Walken und Waschen.

2) Kochen in mäßig starker Potaschlauge während 2 Stunden; Walken und Spülen.

3) Chlorkalkbad von 2° B. während 4 Stunden, dann Waschen.

4) Schwefelsäurebad; Waschen.

5) Auslegen während 12 Stunden, ohne zu begießen.

Das Bäuchen, die Bleich- und Säurebäder werden so oft wiederholt, als erforderlich ist, um den Stoffen die nöthige Weiße zu geben.

6) Claußen's Methode zum Bleichen von leinenen Garnen und Geweben.

A. Das Reinigen:

1) Zwei oder mehrere Stunden in einer Lösung von kaustischer Soda spec. Gew. 1,005 bis 1,010 gekocht.

2) In einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia — Bittersalz — spec. Gew. 1,020 eingeweicht.

3) In eine Sodalösung gelegt.

4) Schwefelsäurebad spec. Gew. 1,010.

5) Gewaschen.

B. Das Bleichen:

1) In heißer Sodalösung eingeweicht.

2) In Chlormagnesialösung (siehe oben S. 1065) gelegt.

3) In Sodalösung gelegt.

4) Schwefelsäurebad.

5) Gewaschen.

6) Eine halbe Stunde lang mit Harzseife gekocht.

7) Nachdem das Zeug nicht mehr siedend heiß ist, Bleichbad von Chlormagnesia spec. Gew. 1,010.

8) Schwefelsäurebad.

9) Waschen.

Sonstige Gespinnstfasern. Nächst der Baumwolle und dem Flachs ist wohl der Hanf die wichtigste der bis jetzt verarbeiteten Gespinnstfasern. Die Abscheidung der Faser aus dem Stroh, sowie das Bleichen ist in allem Wesentlichen dem des Flachses gleich, so daß wir es unterlassen können, specieller hierauf einzugehen. Wenngleich diese drei, Baumwolle, Flachs, Hanf, die größte Bedeutung von allen Fasern haben, so liefert doch das Pflanzenreich noch eine große Menge anderer, ebenfalls höchst werthvoller Stoffe, die theils zu den feinsten Geweben verarbeitet werden, theils als Surrogate für die kostspieligeren bei gewöhnlicheren Stoffen dienen können und dazu namentlich in England gegenwärtig auch schon vielfach Anwendung finden. Zu den wichtigsten derselben sind zu rechnen:

I. Stengelfasern:

1) Chinesisches Gras oder Tschuma, die Faser von Urtica s. **Boehmeria nivea** und **heterophylla**, welche in China und Ostindien zur Gewinnung des Faserstoffes Anwendung finden. Die in China gebräuchliche Herstellung der Fäden ist insofern bemerkenswerth, als die Fäden nicht gesponnen, sondern durch Aneinanderstückeln einzelner, Ende bei Ende gelegter und durch Rollen unter der Hand vereinigter Fasern gebildet werden; sie erscheinen daher glatt und nicht gedreht und bieten deshalb einen eigenthümlichen Glanz dar. Es dient zur Herstellung des schönen Gewebes, das unter dem Namen Grasleinen oder China grass-cloth bekannt ist. Das Rohmaterial, von Hause aus grünlich oder braun, läßt sich bleichen und nimmt dann alle Farben an.

2) Die große Nessel, Urtica dioïca, liefert einen feinen Bast, aus welchem das Nesseltuch hergestellt wird.

3) Raméehanf von Urtica s. **Boehmeria utilis**, einer Nesselart, die auf Borneo, Java, Sumatra und anderen Inseln des indischen Archipels angebaut wird. Er ist 1 bis 2 Meter lang, gelblichweiß, von der Feinheit reingeschwungenen groben Flachses, aber fast glanzlos und steif.

4) Rheahanf (Kankhura- oder Kalluihanf) von Urtica s. **Rhea tenacissima**, aus Ostindien. Hat nicht viel Werth als Gespinnstfaser.

5) Jutehanf (paut-hemp) von der in Ostindien und China einheimischen Gemüslinde, **Corchorus capsularis**, **C. textilis**, **C. olitorius**, **C. siliquosus**. Das Gespinnstmaterial, die Dschutfaser, ist ein brauner, grober und langer Faserstoff, der in England zu dickem Garne (Gunny) versponnen wird, woraus man Sack- und Packtuch webt. Zu Tauwerk kann die Jute den Hanf nicht ersetzen, da sie zu wenig Festigkeit besitzt und im Wasser leicht fault.

6) Hibiscushanf (Bombayhanf oder Umbaree) von **Hibiscus cannabinus**, deren Bastfaser man von dem Holze durch Röften und Pochen absondert; man verfertigt daraus in England Tauwerk.

7) Sunnhanf (Janapam oder ostindischer Hanf) von Crotalaria juncea, ist dem gewöhnlichen Hanfe sehr ähnlich, steht ihm aber an Festigkeit und Länge der Fasern nach.

II. Blattfasern.

8) Neuseeländischer Flachs, **Phormium tenax**, eine in Neuseeland einheimische Gespinnstpflanze, deren Blätter zahlreiche gerade Längenfasern von ziemlicher Feinheit, weißer Farbe und Seidenglanz enthalten. Das zubereitete Material ist dem gewöhnlichen Hanfe ähnlich, jedoch härter, steifer und rauher.

9) Aloehanf (Pitta oder Pite) kommt aus Peru, Westindien, Mexico und Ostindien und besteht aus den gereinigten Fasern der Blätter mehrerer Agavearten, wie **A. americana**, **A. vivipara**, **A. foetida** rc. Er ist gelblichweiß und wird hauptsächlich zu Seilerwaaren verarbeitet.

10) Manilahanf (Pinasfaser oder Abaka) kommt von **Musa textilis**, **M. troglodytarum** und **M. paradisiaca**, die in Ostindien und mehreren Inseln des indischen Archipels wachsen. Er kommt im Handel vor in gelblichweißen oder bräunlichgelben Fasern von 1,3

bis 2,2 Meter Länge, die zum Theil in bastähnliche Streifen vereinigt sind, durch Hecheln aber fein zertheilt dargestellt werden können. Die weiße Sorte zeigt nach dem Hecheln einen Seidenglanz und wird zu Glockenzügen, Taschen u. dergl. verarbeitet, auch zuweilen als Einschuß in Möbeldamaste verwendet. Die geringeren und gefärbten Sorten Manilahanf dienen zu Seilerarbeiten (white rope).

11) Ananashanf (oder Pinna) kommt aus Westindien, Central- und Südamerika und besteht aus den Bastfasern der gewöhnlichen Ananas (Ananassa sativa s. Bromelia ananas) und anderen Ananasarten. Er eignet sich zu ziemlich feinen Geweben.

12) Pikabahanf (oder Piassava) aus den Blättern der Attalia funifera, einer in Brasilien wachsenden Palme, wird zu Seilerwaaren verwendet.

III. Fasern aus Fruchthüllen.

13) Kokosnußfaser (Coir) ist der rothbraune Faserstoff, mit welchem die Schale der Kokosnüsse (von Cocos nucifera) äußerlich umhüllt ist. Sie besitzt große Elasticität und Stärke und wird zu Seilen, Teppichen, Matten, Flechtwerken u. s. w. verarbeitet.

Außer diesen liefert Ostindien noch eine große Anzahl verschiedener Gespinnstfasern, deren Aufzählung aber hier unterbleiben mag, da die wichtigsten derselben in den obigen enthalten sind. Eine Beschreibung derselben findet sich: Polyt. Journ. 162, 307; Journ. of Arts, Mai p. 10; Wagner's Jahresbericht 1861, 511.

C. Wolle. Die Wolle ist das Haar verschiedener Gattungen von Schafen und Ziegen, und je nach der Veredelung der Racen mehr oder weniger geschätzt, von der feinsten Angora- bis zu unserer gemeinsten Landwolle. Die Hauptvorzüge einer guten Wolle bestehen darin, daß das Haar weich und zart, lang, möglichst fein gekräuselt und nach dem Reinigen von großem Glanz sei.

Die Wolle ist in dem Zustande, wie man sie im Handel trifft, von einer fettigen Substanz umgeben, die theils von dem Thiere secernirt wird und theils aus Unreinigkeiten, Staub, Harn u. s. w. besteht. Man nennt sie den Schweiß. Diesen Ueberzug zu entfernen, ist die Aufgabe des Bleichers, da das Färben der Wolle durch die Unreinigkeiten verhindert werden würde. Die Fettstoffe der Wolle sind von Vauquelin untersucht; aus seiner Arbeit theilen wir Folgendes mit:

Die fettigen Materien bestehen, außer eigentlichen Fetten, aus einer Art Seife, die im Wasser löslich ist, einer geringen Menge eines wachsartigen Körpers, und einer riechenden Substanz, Kalisalzen — namentlich essigsaurem und kohlensaurem Kali, nebst Chlorkalium und oxalsaurem Kalk.

Durch bloßes Waschen mit Wasser kann man der Wolle den größten Theil der Unreinigkeiten entziehen und man kann annehmen, daß die rohe Wolle durchschnittlich die Hälfte ihres Gewichts beim Waschen verliert. In der gewaschenen Wolle bleibt dann aber noch eine große Menge Fett zurück, und zwar um so mehr, je feiner die Wolle ist. Nach Versuchen von Stöckhardt liefern 100 Th. gewaschene und vollständig getrocknete Wolle vom Merinohammel 40,6 Th. Fett, vom Southdown-Merino 19,6 Th., vom Southdown-Frankenhammel 11,0 Th., von der Heidschnucke 7 Th. Fett. Auch ist der Fettgehalt der Wolle von den verschiedenen Theilen des Thierkörpers sehr verschieden, so fand auch Stöckhardt für 100 Th. völlig trockner Wolle:

Körpertheil.	Merino.	Southdown-merino.	Southdown-Franken.
Seite	40,1	28,9	12,6
Blatt	32,6	17,2	10,1
Widerrist	39,8	17,5	2,0
Bauch	41,6	25,8	5,9
Schwanzwurzel ...	42,4	24,4	13,2

Die Eigenschaften der Wolle sind wesentlich von denen der Baumwolle verschieden, daher auch beim Reinigen der ersteren auf eine gänzlich andere Weise verfahren werden muß, als bei letzterer. Die Baumwolle kann, wie wir gesehen haben, ohne Gefahr mit kaustischen Laugen gebäucht, gesäuert und mit Chlorkalk behandelt werden. Alle diese Agentien dürfen aber bei der Wolle nicht angewandt werden, da sie dadurch unfehlbar zerstört und zu Grunde gerichtet werden würde. Die Beseitigung der Fette erreicht man bei der Wolle durch wiederholte Behandlung in sehr verdünnten Lösungen von kohlensaurem Natron, dem man noch Seife zugesetzt hat; die Fette werden dadurch weniger gelöst, als in eine Emulsion verwandelt, die später durch Waschen zu entfernen ist. Die Wolle wird gewöhnlich schon theilweise vor dem Spinnen und Weben gereinigt — entschweißt — und wird dann später gebleicht.

Das Entschweißen wird ausgeführt, indem man die Wolle in ein Bad bringt, welches aus 5 Th. weichem Wasser und 1 Th. faulem Harn besteht und auf 30 bis 50° C. erwärmt ist. Die rohe Wolle wird zu diesem Zwecke in ein Netz gepackt, in das Bad gebracht und mit Steinen oder Gewichten beschwert, um sie dadurch unter der Oberfläche zu halten. Wenn sie vollkommen mit der Lösung getränkt und gleichförmig von ihr durchdrungen ist, nimmt man das Netz aus dem Bade, hängt es einige Zeit lang darüber auf und bringt es dann in fließendes Wasser, um die Unreinigkeiten abzuschwemmen. Während des Waschens der ersten Portion wird das Urinbad mit einer neuen Menge Wolle beschickt, nachdem man Sorge getragen hat, den nicht zu vermeidenden Verlust an Flüssigkeit zu ersetzen. Beim Waschen der Wolle muß man sehr vorsichtig sein und namentlich ein Umrühren derselben in der Flüssigkeit vermeiden, da die einzelnen Haare sich sonst so in einander verwickeln — verfilzen —, daß es später unmöglich sein würde, sie wieder von einander zu trennen.

Die wirksame Substanz des Harns ist das kohlensaure Ammoniak, welches durch Zersetzung des Harnstoffs bei der Fäulniß entsteht. Daher kann man auch nur einige Tage alten Harn anwenden, frischer hat keine Wirkung. Das kohlensaure Ammoniak kann die Fette nicht verseifen, es bildet aber eine Emulsion, d. h. es hat die Fähigkeit, die Fette mit Wasser mischbar zu machen, ohne sie zu lösen. Dieses wird noch durch die in der Wolle fertig gebildete Seife befördert. Daher kann man die Harnbäder mehrere Male benutzen, bis

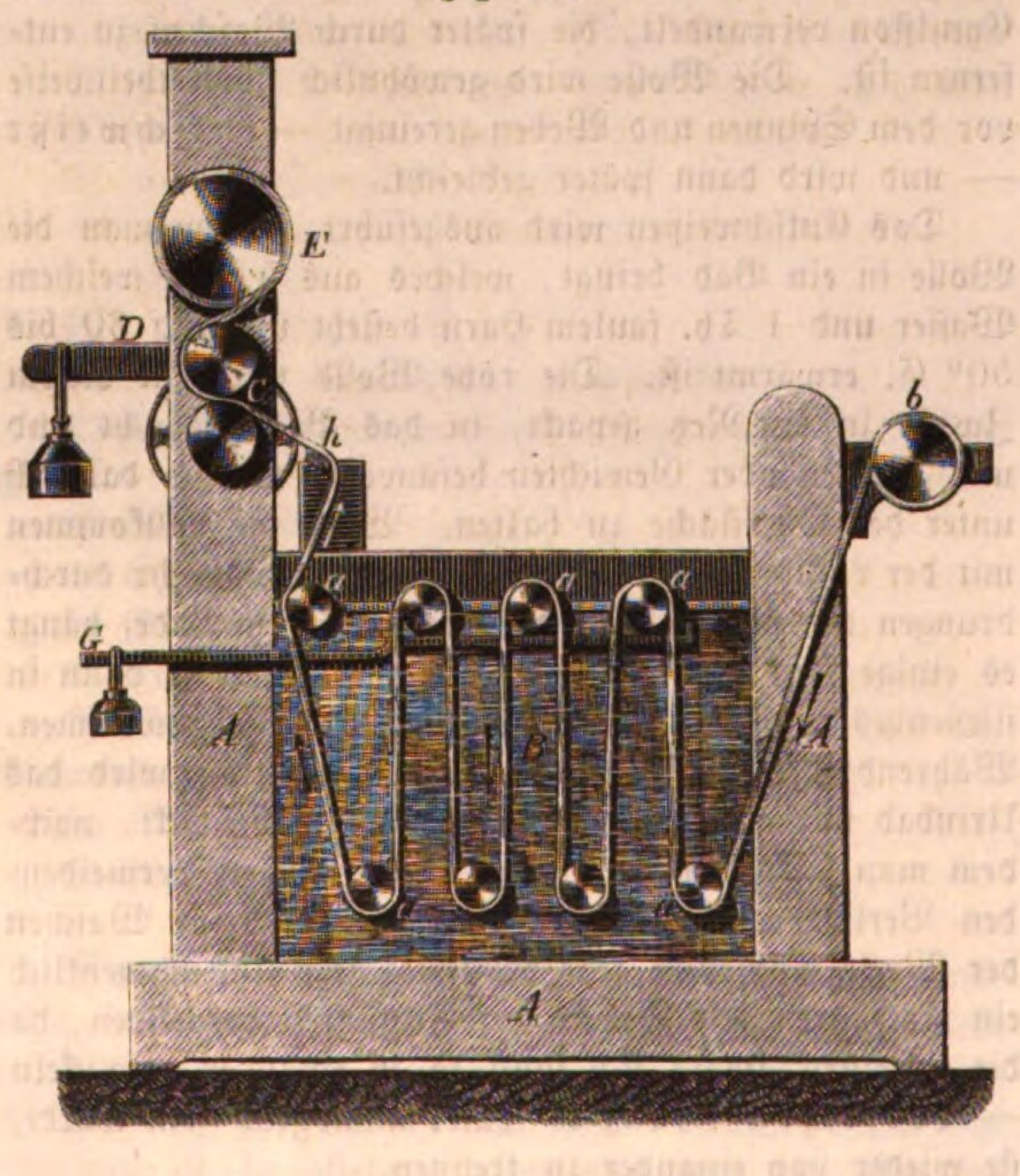
sich so viel Unreinigkeiten darin angesammelt haben und bis sie einen solchen Grad von Fäulniß erreicht haben, daß man sie bei Seite schaffen muß. Man kann sie auch in diesem Zustande noch verwerthen, nämlich entweder zur Gewinnung des Ammoniaks, oder als Düngmaterial.

Das Entschweißen mit Harn hat viel Unannehmlichkeiten, namentlich wegen des lästigen Geruches und der großen Unreinlichkeit. Man hat deshalb eine schwache Sodalösung angewandt. Da man sie aber nicht zureichend fand, so vermischte man sie mit Seife und erhielt dadurch ein vollkommen zufriedenstellendes Resultat. Die Soda und Seife wirken ganz analog wie das kohlensaure Ammoniak. In beiden Fällen muß man sich hüten, die Temperatur der Bäder zu hoch werden zu lassen, da man sonst ein Verfilzen nicht vermeiden kann. Beim Harnbade darf die Steigerung der Wärme um so weniger eintreten, da sonst das kohlensaure Ammoniak verflüchtigt werden würde.

Die gewebten wollenen Stoffe dürfen nicht wie die baumwollenen in losen Falten in die Reinigungsapparate gebracht werden, sondern müssen stets ausgespannt sein, da sie sich sonst ungleichförmig zusammenziehen und dadurch bedeutend an Schönheit verlieren würden.

Fig. 276 stellt die Maschine dar, welche zu diesem Zwecke gebraucht wird.

Fig. 276.



AA ist ein hölzernes Rahmenwerk; B ein Gefäß, welches die Sodalösung oder das Harnbad enthält, CC zwei kupferne Walzen, welche das Zeug ausspannen und den Theil, welcher gerade zwischen ihnen befindlich ist, von Feuchtigkeit befreien. Die untere Walze wird durch eine Maschine in Bewegung gesetzt, die obere ruht auf der unteren und wird nur durch Friction gedreht. Um den Druck zu vermehren, ist noch ein Hebel D daran angebracht, der durch Gewichte mehr oder weniger belastet werden kann. E ist eine bewegliche Walze, auf welche die Stoffe aufgewunden werden, nachdem sie das vorige Walzenpaar passirt haben. G ist ein Hebel, der dazu dient, die Leitrollen aa näher zusammen oder weiter aus einander zu bringen.

Das Zeug wird zuerst auf die Walze b aufgewunden. Von dort geht es in der Richtung der Pfeile durch die Flüssigkeit, um die erste Leitrolle a, von hier um die zweite u. s. w., bis es am entgegengesetzten Ende des Bades wieder herausgelangt und dann zwischen die Walzen C kommt, wo es den größten Theil seiner Feuchtigkeit abgiebt und endlich auf E aufgewunden wird. Von E kann man die Zeuge unmittelbar in ein folgendes Bad oder in einen ganz ähnlichen Waschapparat gehen lassen. Um ganz weiße Stoffe zu erhalten, muß man die Behandlung mit Soda und Seife und das Waschen sehr häufig wiederholen.

Claußen reinigt die Wolle ohne Anwendung von Wärme und gebraucht dazu eine schwache Lösung kaustischer Soda, worin er die Wolle wäscht. Die fetten Substanzen der Wolle verseifen sich nach und nach, weshalb er von Neuem eine geringe Menge kaustischer Soda hinzufügt, um die Flüssigkeit stets alkalisch zu erhalten. Nach diesem Bade bringt er die Wolle in eine Lösung von gewöhnlicher Soda, dann in sehr verdünnte Schwefelsäure und endlich in Wasser. Für sehr feine Sorten von Wolle gebraucht er kohlensaures Ammoniak statt Soda. Sein Bleichproceß besteht darin, daß er die Stoffe zuerst in Sodalösung taucht, sie dann den Dämpfen von brennendem Schwefel aussetzt und endlich wäscht.

Die Anwendung der kaustischen Soda ist nicht ohne Gefahr, da man leicht neben den Fetten auch die Wolle selbst mit auflöst. Die Operationen müssen stets genau überwacht werden, damit kein bedeutender Ueberschuß von Aetznatron in der Flüssigkeit vorhanden sei. Es ist außerdem für den Techniker schwer, wenn nicht unmöglich, genau zu bestimmen, wann der Sättigungspunkt eingetreten ist, und überhaupt zu erfahren, wie viel von dem Aetzmittel man in Lösung hat. Es ist daher die größte Sorgfalt zu empfehlen, ehe man diese Methode einführt.

Nach der vollkommenen Reinigung des Zeuges geht man zu dem zweiten Abschnitt über. Dieser ist:

Das Bleichen. Beim Entfärben der wollenen Stoffe wendet man nie Bleichkalk an; das hierfür geeignete Mittel ist die schweflige Säure. Das Bleichen mit schwefliger Säure ist seit sehr langer Zeit ausgeführt und, da die Anwendung dieser Säure höchst einfach ist, auch ziemlich weit verbreitet. Der technische Name für diese Operation ist Schwefeln.

Das Schwefeln geschieht entweder mit der Säure in gasförmigem oder in flüssigem Zustande, d. h. als Lösung des Gases in Wasser. Wenn man die erstere Methode befolgt, so benutzt man eine große Kammer, deren Thüren luftdicht verschlossen werden können. In der Kammer sind außerdem Ventile angebracht, die sich nach innen öffnen, um der Luft Zutritt zu gestatten, wenn die gasförmige Säure von dem feuchten Zeuge

absorbirt wird. In der Kammer befindet sich ein Gerüst, auf welches die Zeuge gehängt werden. Nachdem dieses geschehen, bringt man einen gußeisernen Topf mit brennendem Schwefel in den Raum und verschließt die Thüren, damit keine Säure, die sich bei der Verbrennung des Schwefels bildet, entweichen könne. Die entstehende schweflige Säure wird von den nassen Zeugen aufgenommen, kommt dadurch mit den färbenden Substanzen in Contact und bleicht sie. Durch die Absorption wird ein luftverdünnter Raum gebildet, dieser gleicht sich aber sofort wieder aus, da die umgebende Luft durch die Ventile Zutritt hat. Es bleibt daher stets Sauerstoff genug vorräthig, um den ganzen Schwefel zu verbrennen. Wäre dies nicht der Fall, so würde der Schwefel, sobald die Kammer mit schwefliger Säure gefüllt ist, verlöschen, durch die bei der Verbrennung freigewordene Wärme theilweise sublimiren und sich in Form einer dünnen, schwer zu entfernenden Haut auf die Gewebe ablagern. Aus diesem Grunde muß man dafür sorgen, daß die Luft Zutritt in die Kammer habe. Das Zeug bleibt 24 Stunden lang der schwefligen Säure ausgesetzt; manchmal ist dieses aber noch nicht hinreichend, man bringt dann eine neue Menge Schwefel in den Raum und verfährt wie vorher.

Das Herausnehmen der Stoffe aus dem mit schwefligsaurem Gase gefüllten Raum ist eine höchst beschwerliche Operation, da man dieses, die Athmungswerkzeuge auf das Schlimmste afficirende Gas nicht vollständig entfernen kann, wenn nicht dazu eine besondere Vorkehrung getroffen ist. Um dieses erreichen zu können, verbindet man in den besseren Bleichereien die Schwefelkammer durch ein Rohr mit einem Schornstein. Ein gut schließender Schieber verhindert während des Bleichens das Entweichen des Gases, nach beendigter Operation wird er aber geöffnet und dann gleichzeitig eine Klappe in der Thür geöffnet, so daß ein Strom reiner Luft einige Stunden lang durch den Apparat gezogen wird, ehe die Arbeiter den Raum zu betreten haben. Erst nachdem die Luft vollkommen rein geworden ist, öffnet man die Thür und nimmt die Stoffe heraus.

In einzelnen Bleichereien wendet man die Säure in flüssigem Zustande, als Lösung des Gases in Wasser an. Es hat dieses jedenfalls den Vortheil, daß man die Operationen weit besser controliren kann und die Stoffe fortwährend unter den Augen behält, sowie daß die Einwirkung der schwefligen Säure jedenfalls weit gleichmäßiger Statt hat und jeden Augenblick unterbrochen werden kann. Die Bereitung der wäßrigen schwefligen Säure erfordert allerdings die Anschaffung einiger Apparate und einige Sachkenntniß, doch ist dieses von keinem großen Belang, da die dazu nöthigen Apparate höchst einfach sind und die wenigen Manipulationen leicht erlernt werden können.

Eine einfache und billige Methode zur Darstellung des Gases besteht darin, daß man wasserfreies schwefelsaures Eisenoxydul — Eisenvitriol — und Schwefel in einem verschlossenen cylindrischen Gefäße bis zur schwachen Rothgluth erhitzt. Das Gas entweicht durch eine Ableitungsröhre aus dem Cylinder in ein Zwischengefäß, welches mit Moos oder einer anderen Substanz, die die schweflige Säure nicht absorbirt, gefüllt ist, wodurch das Gas von den mechanisch mitgerissenen Unreinigkeiten befreit wird. Von dort geht dasselbe in eine mit Wasser gefüllte Cisterne, um absorbirt zu werden. Um die Condensation so vollständig wie möglich zu machen, kann man auf die Cisterne einen Thurm von beliebiger Höhe stellen, der mit Kieselsteinen oder Töpferscherben gefüllt ist. Oben auf dem Thurme ist ein siebförmiges Gefäß angebracht, von dem das Wasser gleichmäßig über den Inhalt des Thurmes vertheilt wird. Das Wasser im Thurme trifft den aufwärts steigenden Gasstrom, absorbirt ihn in dem Maße, wie es herabfließt, und wird schließlich in der Cisterne vollkommen gesättigt. Von dort kann die Lösung an jeden beliebigen Ort geschafft werden.

Ein Volum Wasser absorbirt bei gewöhnlicher Temperatur vierzig Volume Gas.

Die Zersetzung des schwefelsauren Eisenoxyduls und die Oxydation des Schwefels findet nach folgender Gleichung Statt:

$$\underbrace{Fe\,O\,.\,SO_3}_{\text{Schwefelsaures Eisenoxydul.}} + \underbrace{2\,S}_{\text{Schwefel.}} = \underbrace{Fe\,S}_{\text{Schwefeleisen.}} + \underbrace{2\,SO_2}_{\text{Schweflige Säure.}}$$

Die Säurelösung ist bei einer Temperatur von 25 bis 30° am wirksamsten. Wenn man aber die bei gewöhnlicher Temperatur gesättigte Flüssigkeit so weit erwärmen wollte, so würde eine bedeutende Menge von dem Gase ausgetrieben werden und nutzlos verloren gehen. Um dieses zu vermeiden, braucht man der concentrirten Säure nur so viel Wasser zuzusetzen, daß man eine Flüssigkeit erhält, welche bei obiger Temperatur kein Gas freiwillig abgiebt. Die dem Säurebad ausgesetzten Gewebe bleiben so lange darin, bis sie vollkommen gebleicht sind, sie werden dann herausgenommen, mit Wasser oder, wenn man es für nöthig hält, mit etwas Soda und Seife und erst dann mit Wasser gewaschen.

Nachdem wir jetzt die einzelnen Operationen beschrieben haben, wollen wir kurz den systematischen Gang, welchem die Gewebe beim Bleichen unterworfen werden, anführen. 40 Stück Zeug von 60 bis 70 Ellen Länge werden sämmtlich zusammengereiht und dann folgendermaßen behandelt:

1) Dreimal in ein Bad gebracht, welches aus 24 Pfd. krystallisirter Soda und 6 Pfd. Seife auf 1200 bis 1400 Pfd. Wasser besteht und auf 38 bis 40° C. erwärmt ist. Nach jedem Durchgange des Zeuges fügt man $\frac{1}{2}$ bis $\frac{5}{8}$ Pfd. Seife zum Bade.

2) Zweimal in reinem Wasser, von derselben Temperatur wie das Bad, gewaschen.

3) Dreimal in ein ähnliches Bad wie Nr. 1 gebracht, welches aber keine Seife enthält. Nach dem ersten Male fügt man $\frac{1}{2}$ Pfd. frische Soda hinzu.

4) Zwölf Stunden lang in dem oben angeführten Apparate geschwefelt. Auf 40 Stücke Zeug werden 24 Pfd. Schwefel verbrannt.

5) Ein dreimaliges Bad, welches 30 Pfd. Soda auf dieselbe Menge Wasser wie oben enthält. Die Temperatur des Bades ist 50° C. Das Bad wird jedesmal durch $\frac{1}{2}$ Pfd. Soda verstärkt.

6) Zweites Schwefeln wie unter 4.

7) Wiederholung des Bades wie unter 5.

8) Zweimal in Wasser von 30° gewaschen.

9) Zwölf Stunden lang geschwefelt.

10) Zweimal in lauwarmem und einmal in kaltem Wasser gewaschen.

11) Gebläuet, indem man die Stoffe durch eine verdünnte Lösung von Indig-Carmin passiren läßt.

Diese Operationen sind gewöhnlich zum Bleichen der wollenen Gewebe hinreichend; aber nicht bei einem sehr großen Gehalt an Fettstoffen und wenn dieselben für feine Farben bestimmt sind. Es müssen nämlich alsdann die letzten Spuren der Fette, die so schädlich auf die Farbbäder wirken, entfernt werden. Man wendet in diesem Falle den folgenden Proceß an:

Nach dem Waschen in Wasser werden die Stoffe:

1) Zweimal durch ein alkalisches Seifenbad von 60 bis 65° C. passirt. Das Bad besteht aus 44 Pfd. krystallisirter Soda und 9 Pfd. Seife auf 1200 bis 1400 Pfd. Wasser.

2) In warmem Wasser abgespült.

3) Zweimal durch ein aus 22 Pfd. Soda bestehendes Bad passirt. Die Temperatur und Wassermenge wie unter 1.

4) In warmem Wasser gewaschen.

5) Zehn Stunden geschwefelt. 22 Pfd. Schwefel auf 250 Stück.

6) Gewaschen.

7) Zweimal durch ein Bad von 15 Pfd. Soda passirt. Temperatur 60 bis 65°.

8) Zweimal durch ein Bad von 12 Pfd. Soda passirt. Temperatur wie oben.

9) In warmem Wasser gewaschen.

10) Geschwefelt. $15\frac{1}{2}$ Pfd. Schwefel auf obige Menge Zeug.

11) Gewaschen.

12) Durch das Blaubad passirt.

D. Seide. Die Seide ist das Erzeugniß der Seidenraupe; das Insect umspinnt sich während einer gewissen Zeit seines Lebens mit einem Gehäuse von Seidenfäden, welches man Cocon nennt, und verbleibt darin so lange, bis es sich in einen Schmetterling verwandelt hat. Dieses wird aber von den Seidenbauern nicht abgewartet, weil der Schmetterling beim Auskriechen einen Theil des Cocons zerstört, wodurch man Verlust an Seide hat. Alle Cocons, welche nicht zur Fortpflanzung dienen sollen, werden vor dem Auskriechen getödtet, indem man sie entweder trockner heißer Luft oder Wasserdämpfen aussetzt.

Die getödteten Cocons werden in kaltem weichem, kalkfreiem Wasser, am besten in Regenwasser eingeweicht und ziemlich heftig darin herumbewegt. Dabei hängen sich die Fäden an die Ruthen oder Stäbe, welche man zum Umrühren der Flüssigkeit gebraucht, und lassen sich theilweise entfernen. Die obere Hülle des Cocons ist weniger werthvoll, sie wird daher zuerst gesammelt und Flockseide genannt. Der innere Theil wird abgehaspelt und bildet die rohe Seide.

Die gewebten Seidenstoffe sind entweder schon vor ihrer Verarbeitung theilweise gereinigt oder im rohen Zustande gesponnen worden. Im ersteren Falle ist es hinreichend, die Stoffe zuerst eine Zeit lang in fließendes Wasser zu legen. Sie werden dann eine Stunde lang in einem Bade gekocht, welches aus 4 Loth Seife und 1 bis $1\frac{1}{4}$ Pfd. Kleie für jedes Stück von 11 bis 13 Ellen besteht. Nach dem Bade wäscht man die Stoffe in Wasser von 50° und dann mit kaltem Wasser im Waschrade.

Der zweite Fall kommt ungleich seltener vor, da man die rohe Seide gewöhnlich vor der Verarbeitung reinigt. Das Verfahren ist bei beiden gleich. Man füllt die rohe Seide in leinene Säcke und bringt diese in einen Kessel, der eine concentrirte Seifenlösung enthält. Man rechnet gewöhnlich $\frac{1}{2}$ Pfd. Seife auf $2\frac{1}{4}$ Pfd. Seide. Nachdem die Flüssigkeit 2 bis 3 Stunden lang gekocht hat, nimmt man die Säcke aus dem Bade und wäscht sie in fließendem Wasser. Diese beiden Operationen werden dann noch einmal wiederholt. Nach dem zweiten Waschen kommt die Seide in ein Bad, welches 1 Loth krystallisirte Soda für jedes Pfund Seide enthält, und bleibt darin 10 bis 15 Minuten. Sie wird wieder gewaschen; durch Wasser, welches schwach mit Schwefelsäure angesäuert ist, passirt; in warmem Wasser und zuletzt noch in fließendem Wasser gewaschen.

Die Seide nimmt bei dieser Operation nur dann den ihr eigenthümlichen Glanz an, wenn sie bei der ersten Gewinnung in kalkfreiem Wasser behandelt wird. Im Gegentheile absorbirt die Seidenfaser eine große Menge Kalk, welcher sich mit der Seife zu einer unlöslichen Verbindung vereinigt, wodurch die Seide dem Auge matt erscheint, sich hart anfühlt und sich schlecht färbt. Hat man mit solcher kalkhaltigen Seide zu thun, wovon man sich leicht durch einen Probeversuch überzeugt, so nimmt man die Rohseide vor dem Kochen mit Seife durch ein Bad von verdünnter Salzsäure, wodurch der Kalk gelöst und ausgezogen wird.

So vorbereitete Seidenstoffe sind hinreichend gereinigt für jede dunkle Farbe, als Krapp, Berlinerblau, Cochenille, Amaranth und Violett und alle braunen Farben. Wenn man die Seide aber farblos lassen oder mit zarten Farben bedrucken will, so muß man sie schwefeln. Hierzu ist die flüssige schweflige Säure am vortheilhaftesten, da man die Lösung sehr verdünnt anwenden kann. Die Säure muß sehr vorsichtig applicirt werden, da sie der Seide leicht eine mehr oder weniger gelbe Farbe ertheilt oder gar die Fäden zerstört.

Die Eigenschaften der Substanz, welche die Seidenfäden überzieht, sind durch Roard zuerst beschrieben worden. Früher glaubte man, sie bestehe aus einer Art Gummi, Roard zeigte aber, daß sie mehr dem Wachs ähnlich ist und außerdem noch ein Oel und einen Farbstoff enthält. Die rohe Seide enthält 23 bis 24 Proc. dieses Körpers, welcher in trocknem Zustande zerreiblich, von glasartigem Bruch, in Wasser löslich ist und damit eine Flüssigkeit bildet, die wie Seife schäumt. Er verbrennt auf glühenden Kohlen mit Ausstoßung von stinkenden Dämpfen, ohne zu schmelzen. Seine Lösung wird an der Luft zuerst goldgelb, dann grünlich, geht aber bald, wie alle thierischen Substanzen, in Fäulniß über. Derselbe Chemiker fand, daß die Seide bei sehr langem Kochen in Wasser oder Seifen-

lösung angegriffen, steif und spröde werde, da ein Theil der Seide aufgelöst wird, sobald der Farbstoff entfernt ist. Ein 3- bis 4stündiges Kochen ist indessen, wie man aus Erfahrung weiß, nicht schädlich.

Das Reinigen der Seide wird mit dem technischen Ausdruck Entschälen bezeichnet. Man führt es gewöhnlich in drei Operationen aus und bringt dazu die Seide in ein lauwarmes Seifenwasser, läßt sie darin einige Stunden lang einquellen — degummiren — und erhitzt es dann 3 bis 4 Stunden lang zum Sieden — Kochen. Darauf wird die Seide gründlich gewaschen und nochmals in einem Bade, welches gegen 30 Proc. Seife enthält, erhitzt — Weißkochen. Je nach der Farbe der Seide wendet man dann noch eine Schwefelung an oder nicht.

Die Chinesen sollen nach De Grubbens die Seide auf eine eigenthümliche Weise bleichen; sie gebrauchen statt Seife eine Mischung von Weizenmehl, Bohnen, Kochsalz und Wasser, in dem Verhältniß von 5 Theilen Bohnen, 5 Th. Salz, 6 Th. Mehl und 25 Th. Wasser.

Claußen's Proceß zum Reinigen der Seide besteht in:

1) Sieden in einem Bade von Butterseife, 3 bis 4 Stunden.

2) Einweichen in einer Lösung von kohlensaurem Natron oder Ammoniak.

3) Säurebad von verdünnter Schwefel- oder Salzsäure.

Zum Bleichen der Seide:

1) Bad von kohlensaurem Natron oder Ammoniak.

2) Einlegen in eine Lösung von schwefliger Säure in Wasser oder Schwefeln in der Kammer.

Der weißen Seide giebt man gewöhnlich einen kleinen Stich einer anderen Farbe und unterscheidet dann Blanc de Chine, Azurweiß, Silberweiß u. s. w. Dieses bewirkt man, indem man für Blanc de Chine ein Seifenbad mit etwas Orleans, für die übrigen mit Lackmus oder Indigo anmacht und die Stoffe hindurchpassiren läßt.

Erkennung der Gespinnstfasern in gemischten Geweben. Leinen und Baumwolle, Baumwolle und Wolle, Wolle und Seide werden häufig zu gemischten Fabrikaten verarbeitet und zwar so, daß entweder die Kette aus einem Material, der Einschlag aus dem anderen gefertigt wird, oder so daß schon die Garne aus dem gemischten Material gesponnen werden. Es ist in vielen Fällen von großer Wichtigkeit, bestimmt nachweisen zu können, welcher Rohstoff und wieviel von demselben in Geweben oder Garnen vorhanden ist. Man hat die Eigenschaften der einzelnen Gespinnstfasern, ihr Verhalten gegen Säuren, gegen Farbstoffe 2c. benutzt, um in Gemischen ihre Gegenwart nachzuweisen; sie einzeln quantitativ zu bestimmen, ist bis jetzt aber noch mit Schwierigkeiten verbunden, da die Methoden nicht der Art sind, um eine genaue Trennung dem Gewichte nach zuzulassen. Einige der besseren Methoden lassen wir hier folgen.

a) Baumwolle und Leinen. Kindt's Verfahren gründet sich darauf, daß die Baumwolle rasch von kalter concentrirter Schwefelsäure aufgelöst wird, während diese Säure auf den Flachs nur eine langsame Wirkung hat. Nach ihm schneidet man ein Stück des Zeuges ab, wäscht es mehrere Male mit warmem Seifenwasser aus, um es von aller Appretur zu befreien, und taucht die eine Hälfte desselben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten in Vitriolöl von 20 bis 25° C., zieht es heraus, taucht es einige Minuten lang in Wasser und wäscht es dann vorsichtig aus. Nach dem Trocknen zählt man den Rest der Fäden; wenn man diesen von der ursprünglichen Anzahl abzieht, so erhält man die Menge der im Gewebe vorhandenen baumwollenen Fäden. Man darf die Behandlung mit Schwefelsäure aber nicht länger, als vorgeschrieben ist, fortsetzen, da sonst auch die Flachsfasern, die ohnehin etwas angegriffen werden, aufgelöst werden würden.

Elsner's Methode gründet sich darauf, daß Leinenfäden durch Färberröthetinctur orangeroth gefärbt werden, Baumwolle aber gelb. Er beschreibt sein Verfahren folgendermaßen:

$\frac{1}{2}$ Loth zerschnittene Färberröthe-Wurzel wird in einem Glase, welches man mit einer Glasplatte bedecken kann, mit 6 Lth. Alkohol von 94 Proc. übergossen und bei gewöhnlicher Temperatur 24 Stunden lang stehen gelassen. Die dadurch entstandene braungelbe Tinctur wird filtrirt und zum Gebrauch aufbewahrt.

Reine Leinengewebe färben sich beim Eintauchen in diese Tinctur nach $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Stunde gleichförmig unrein orangeroth, reine Baumwollengewebe dagegen gleichförmig gelb. Ist das Gewebe gemischt, so erscheinen die Leinenfäden gelbroth, die Baumwollenfäden gelb, das Ganze erscheint daher nicht mehr gleichmäßig gefärbt, sondern gestreift. Werden die Gewebestreifen vor dem Eintauchen 2 Linien breit ausgezupft, was übrigens von wesentlichem Einfluß auf die Erkennung der einzelnen Fäden ist, so tritt die Erscheinung so deutlich hervor, daß die einzelnen verschieden gefärbten Fäden von Leinen und Baumwolle an den ausgezupften Kanten mit Leichtigkeit gezählt werden können.

Diese Methode läßt sich namentlich bei weißer Waare anwenden, bei gefärbter ist Kindt's Verfahren jedoch vorzuziehen. Mit Cochenilletinctur erhält man ein ähnliches Resultat, die Leinenfäden werden dadurch violett, die Baumwolle hellroth gefärbt. Die Unterschiede sind aber nicht so charakteristisch, wie bei der Färberröthe.

b) Baumwolle und Wolle. Beide unterscheiden sich dadurch, daß die Wolle manche Farbstoffe unmittelbar aufnimmt, sobald sie in eine Lösung derselben gebracht wird, während Baumwolle sie entweder nicht fixirt, oder doch nur so lose, daß sie durch bloßes Waschen zu entfernen sind. Hierauf ist Overbeck's Verfahren begründet. Man bringt nach ihm das farblose Gewebe, nachdem es entschlichtet, oder wenn es gefärbt, von dem Farbstoff befreit ist, in eine Lösung von 1 Th. Alloxantin in 10 Th. Wasser, preßt aus, trocknet und wiederholt diese Behandlung noch zweimal; setzt es dann trocknen Ammoniakdämpfen aus, wobei sich das Alloxantin in schön gefärbtes Murexid verwandelt. Alsdann wird das Zeug so lange gewaschen, als das

Waschwasser noch gefärbt erscheint, und getrocknet. Sämmtliche Wollfäden erscheinen dauerhaft dunkel carmoisin, während die Baumwolle ungefärbt bleibt.

c) Baumwolle und Seide. Eine Lösung von frisch gefälltem Nickeloxydul in concentrirtem Ammoniak ist auf Baumwolle ohne alle Wirkung, die Seide zeigt dagegen, nach Schloßberger, ein höchst eigenthümliches Verhalten gegen dieses Reagens. Bringt man Seidenfädchen mit einem Tropfen der Lösung unter dem Mikroskope zusammen, so nimmt man bald eine besondere wurmförmige Bewegung in ihnen wahr, gleichzeitig quellen sie bedeutend auf und erhalten eine gelbe Färbung. Bald darauf erblassen die Contouren, zum Theil — bei der Rohseide — unter ziemlichen Aufblähungen oder Einrissen der äußersten Hüllen der Fäden, endlich erfolgt eine vollständige Lösung. Rührt man Seide mit der Lösung vom Nickeloxydul-Ammoniak an, so quellen die Fäden anfangs stark auf und lösen sich nach und nach vollständig. Da die Baumwolle sich indifferent verhält, so kann man sowohl mittelst des Mikroskops, als beim Behandeln der Stoffe mit der Lösung beide Körper neben einander nachweisen.

d) Wolle und Seide. Beide lassen sich, nach Barreswil, dadurch quantitativ von einander trennen, daß Seide von concentrirter Salpetersäure gelöst wird, während Wolle darin unlöslich ist. Wenn man mit einem Gewebe, dessen Schuß aus Wolle und dessen Kette aus einer Mischung von Wolle und Florettseide besteht — was man durch das Mikroskop erkennen kann —, zu thun hat, so sondert man die Kettenfäden von den Schußfäden ab und behandelt letztere nach einander mit Salpetersäure, Wasser, Ammoniak und zuletzt wieder mit Wasser behufs des Waschens; diese Behandlung wird zweimal wiederholt, damit man sicher sei, alle löslichen Stoffe entfernt zu haben. Man behandelt die Kettenfäden auf dieselbe Weise, indem man alle Sorgfalt anwendet, nichts davon zu verlieren, worauf man sowohl die Schußfäden, als die Kettenfäden trocknet und wägt. Der Gewichtsverlust, den die Schußfäden erlitten haben, besteht aus Appretur, Farbstoff ꝛc., der Gewichtsverlust der Kettenfäden außerdem aus der darin vorhanden gewesenen Seide. Die Menge der letzteren erfährt man, indem man von dem Gewichtsverlust der Kettenfäden verhältnißmäßig so viel abzieht, als dem Gewichtsverlust der Schußfäden entspricht. Die Trennung gelingt noch leichter und besser, indem man die Probe, ehe man sie in die Schuß- und Kettenfäden zerlegt, durch Behandlung mit Wasser, verdünnter Säure, schwachem Alkali, Alkohol und Aether soweit wie möglich von Farbstoffen und Appretur befreit.

Bei allen diesen Untersuchungen ist das Mikroskop das beste Hülfsmittel, indem dann jeder einzelne Stoff die ihm eigenthümliche, von anderen so verschiedene Form zeigt. Nach Ziureck gelingt die Erkennung mittelst des Mikroskops besonders dann leicht, wenn man polarisirtes Licht auf die mittelst des Mikroskops zu untersuchenden Stoffe wirken läßt.

E. **Anhang.** Das Bleichen des Strohes. Das feinste Stroh wird in Toscana gewonnen. Man erntet es dort, sobald die Weizenkörner sich angesetzt haben und der Inhalt derselben noch in milchigem Zustande ist. Das Korn wird sehr dick gesäet, wodurch das Stroh dünn und kurz wird. Nach dem Abschneiden legt man das Stroh drei oder vier Tage an die Sonne und trocknet es dann in Haufen nach. Das trockne Stroh wird zuerst auf dem Rasen gebleicht, wobei es häufig umgekehrt und mit Wasser begossen wird. Dann werden die unteren harten Theile abgeschnitten und die einzelnen Halme sortirt. Die, welche verarbeitet werden sollen, werden zuerst mit Wasserdampf, wodurch ein Theil der Farbstoffe ausgezogen wird, und dann mit schwefliger Säure, wodurch der Rest zerstört wird, behandelt.

In England wendet man zum Bleichen des Strohes die gewöhnlichen Agentien an. Man kocht es zuerst mit kaustischer Soda, wodurch ein beträchtlicher Theil der organischen Materie und des Farbstoffs entfernt wird. Darauf wird es gewaschen, um alle Unreinigkeiten, welche die Soda aufgenommen hat, abzuspülen. Dann entweder geschwefelt oder mit Bleichkalk entfärbt. Beim Schwefeln muß man sehr vorsichtig sein, daß die Temperatur der Kammer nicht zu hoch steige, indem sonst das Stroh an der Oberfläche verkohlen und untauglich werden würde. Das Bleichen ist in jedem Falle in 3 bis 4 Stunden beendigt.

Kurrer führt an, daß man das Stroh auf eine ökonomische Weise bleichen könne, indem man es abwechselnd in kochendes Wasser und eine verdünnte Lösung von Alkali taucht und, nachdem diese Alles entfernt hat, was möglicher Weise abgeschieden werden konnte, abwechselnd eine Lösung von Bleichkalk und schwefliger Säure, in Gasform, anwendet, bis das Stroh vollkommen farblos geworden ist. Diese Methode soll, obgleich sie zeitraubend ist, doch sehr praktisch sein und das Stroh vollkommen von seinem Firniß, der es brüchig macht, befreien.

Nachweis der neueren Literatur.

Apparate.

Sengmaschine von Kay: Dingl. Journ. 153, 21.
Bäuchapparat von Robeson: Dingl. Journ. 132, 184.
Newton's Apparat: Dingl. Journ. 136, 439.
Bank's Apparat: Dingl. Journ. 162, 356.
Begg's Apparat: Dingl. Journ. 146, 20.
Wallace's Waschrad: Dingl. Journ. 143, 88; 152, 12; 153, 90.
Kay's Bäuchapparat: Dingl. Journ. 158, 232.
Johnson's Centrifugalmaschine: Dingl. Journ. 136, 42.
MacAlpine's Waschmaschine: Dingl. Journ. 119, 184.
Robinson's Waschmaschine: Dingl. Journ. 119, 407.
Mather's Bäuchapparat: Dingl. Journ. 131, 344.
Lister's Waschmaschine für Wolle: Dingl. Journ. 134, 20.
Fulton's Waschmaschine: Dingl. Journ. 134, 355.
Peterson's Waschmaschine: Dingl. Journ. 136, 38.
Newton's Waschmaschine: Dingl. Journ. 136, 439.
Benet's Waschmaschine: Dingl. Journ. 144, 83.
Cranstoun's Waschrad: Dingl. Journ. 144, 86.
Mac Donald's Waschmaschine: Dingl. Journ. 117, 339.
Joachim's schlesische Waschmaschine: Dingl. Journ. 155, 410.
Kalander zum Appretiren von Mather u. Platt: Dingl. Journ. 131, 17.

Stoßkalander von Bridson: Dingl. Journ. 142, 408.
Kalanderwalzen von Maisstroh: Dingl. Journ. 147, 397.
Mangel zum Appretiren nach Wedding: Dingl. Journ. 149, 26.
Kalander mit hydraulischer Walzenbelastung von Carmichael: Dingl. Journ. 151, 354.
Kalander für Seidenzeug von Gantillon: Dingl. Journ. 156, 99.

Bleichmethoden.

Claußen's Verbesserungen im Bleichen: Dingl. Journ. 119, 445.
Calvert's Bleichen baumwollener u. leinener Zeuge: Dingl. Journ. 120, 66.
Coupeth's Irische Leinenbleiche: Dingl. Journ. 129, 17. 121.
Higgin's verbessertes Bleichverfahren für Baumwolle: Dingl. Journ. 131, 272.
Benner's Zuckerkalk statt Aetzkalk beim Bäuchen: Dingl. Journ. 133, 306.
Bolley und Tribeltorn's Bleichmethode: Dingl. Journ. 134, 216.
Didot's Verbesserungen: Dingl. Journ. 137, 376.
Jenning's Verfahren zum Bleichen von Leinen: Dingl. Journ. 142, 228.
Grob, Bleichen der Baumwollgarne auf kaltem Wege: Dingl. Journ. 156, 396.
Orioli, Unterchlorigsaure Thonerde zum Bleichen: Dingl. Journ. 157, 155.
Varrentrapp, Unterchlorigsaures Zinkoxyd: Dingl. Journ. 158, 316.
Wagner, Bleichen der Seide: Dingl. Journ. 136, 313.
Willermet und Manheim, Reinigung der Wolle: Dingl. Journ. 142, 301.

Flachsbereitung.

Schenk's Verfahren: Dingl. Journ. 120, 208; 123, 59. 156; 124, 380.
Bower's Röstung: Dingl. Journ. 122, 221.
Karmarsch, Ueber Flachsbereitung: Dingl. Journ. 128, 303; 129, 466.
Payen, Ueber Flachsbereitung: Dingl. Journ. 128, 312.
Reuter, Röstung in warmem Wasser: Dingl. Journ. 129, 63.
Terwangne's Röstung: Dingl. Journ. 130, 431.
Hodges, Gase beim Rösten entwickelt: Dingl. Journ. 131, 80; 142, 306.
Watt und Buchanan's Verfahren: Dingl. Journ. 133, 54. 62; Journ. Roy. Agric. Soc. 1853, I, 187.
Heinzelmann, Ueber das Watt'sche Verfahren: Baier. Kunst- u. Gewerbeblatt 1854, 272.
Hodges, Watt's Verfahren: Baier. Kunst- u. Gewerbeblatt 1855, 4.
Flondorffer, Warmwasserröste in Schlesien: Dingl. Journ. 133, 458.
Jenning's Flachsveredlung: Dingl. Journ. 135, 72.
Blet's Röstung: Dingl. Journ. 136, 78.
Lindner, Verhütung des Geruchs beim Rösten: Baier. Kunst- u. Gewerbeblatt 1857, 90; Dingl. Journ. 145, 395.
Marshall's Flachsveredlung: Dingl. Journ. 146, 317.
Brolle's Hanfröste: Dingl. Journ. 148, 320.
Korner und Kropf's vergleichende Versuche über die verschiedenen Röstungsmethoden: Böhm. Centralbl. 1854, 17.
Pownall's Verfahren: Böhm. Centralbl. 1854, 252.
Reuter, Ueber den Zustand der Flachsindustrie in Oesterreich: Arenstein's Zeitung 1859, 848.
Cock-Kenefeck, Bericht über das Schenk'sche Verfahren: Ann. d'Agric. franç. 1857, I, 254.
Burton und Sye's Verfahren: Farmer's Magaz. 1857, I, 384.
Zeller, Leistungen der Warmwasserröste: Münchener Ausstellungsber. II, 24.

Erkennung der einzelnen Gespinnstfasern.

Erkennung baumwollener und leinener Fäden in Wollstoffen: Dingl. Journ. 124, 157.
Elsner, Leinen u. Baumwolle: Dingl. Journ. 131, 465.
Overbeck, Prüfung von Wolle auf Baumwolle: Dingl. Journ. 142, 258; Arch. Pharm. 137, 282.
Schloßberger, Seide u. Baumwolle: Journ. f. prakt. Chemie 73, 369; Dingl. Journ. 149, 144.
Stefanelli, Baumwolle oder Wolle in Seidenproben: Rep. Chim. appl. 2, 291; Dingl. Journ. 156, 225.
Anwendung des Mikroskops zur Prüfung: Dingl. Journ. 125, 77.
Barreswil, Wolle und Seide: Dingl. Journ. 148, 318.
Pohl, Unterscheidung vegetabilischer und animalischer Gespinnstfasern: Dingl. Journ. 129, 60.
Begemann, Baumwolle und Leinen: Mitth. des Hannov. Gewerbver. 1855, 25.
Schacht, Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe mittelst des Mikroskops. 1853.

Allgemeines.

Wichgraf, Behandlung der kön. würtemb. Bleichanstalt zu Weißenau: Dingl. Journ. 151, 192.
Drapier, Ueber verschiedene Baumwollsorten: Dingl. Journ. 130, 304.
Chevreul, Zusammensetzung des Wollschweißes: Journ. f. prakt. Chemie 22, 227; 27, 57; 70, 256; Dingl. Journ. 142, 78.
Guinon, Nachtheile kalkhaltiger Seide: Compt. rend. 42, 239.
Sobrero, Kalkhaltige Seide: Rep. Chim. appl. 2, 97.
Lintner, Beschreibung der Röstanstalt zu Kaufbeuren: Baier. Kunst- u. Gewerbeblatt 1856, 55.
Bolley, Untersuchung von Vigogne-Wolle: Dingl. Journ. 162, 78.
Ueber neuere Surrogate des Flachses: Wagner's Jahresbericht 1860, 464; 1861, 511; Dingl. Journ. 162, 307.
Stöckhardt, Fettgehalt der Wolle verschiedener Schafracen: Chem. Ackersmann 1861, 58.
Handwörterbuch der Chemie, Art. Bleichen.
Prechtl's Encyklopädie u. Supplement: Art. Bleichen.
Ure's Dictionary of Chemistry. Art. Bleaching and Flax.
On the comparative value of certain salts for rendering fabrics noninflammable by Versmann and Oppenheim. London, Trübner 1859.

Bor.

Symbol B. Atomgewicht 11.

Das Bor oder Boron ist ein einfacher Körper, der in seinen Eigenschaften die größte Aehnlichkeit mit dem Kohlenstoff und dem Silicium hat und zwischen beiden in der Mitte steht. Es findet sich in der Natur nur in einer Verbindung als Borsäure und diese in einigen Salzen. Diese Säure scheint ziemlich verbreitet zu sein, in sofern ihr Vorkommen in vielen Quellwassern nachgewiesen ist, aber mit Ausnahme von wenigen Orten findet sie sich immer nur in äußerst geringer Menge und tritt meist nur spurenweis, in kaum bestimmbarer Quantität auf.

Das reine Bor wurde zuerst im Jahre 1808 von Gay-Lussac und Thenard durch Reduction der Borsäure mit Kalium und von Davy auf galvanischem Wege dargestellt. Berzelius entdeckte 1824 eine bessere Methode, die Behandlung des Borfluorkaliums mit Kalium. Auf diese Weisen erhält man das Bor als amorphes, grünlich braunschwarzes Pulver, von wenig charakteristischen Eigenschaften. Erst 1857 gelang es Wöhler und St. Claire Deville, die ihre Versuche unabhängig von einander begonnen hatten, aber gemeinschaftlich beendeten, die wirklichen Eigenschaften dieses Körpers zu entdecken, wodurch die so höchst interessanten Beziehungen zwischen den drei Elementen sich zeigten.

Nach Wöhler und St. Claire Deville tritt das Bor in drei verschiedenen Modificationen auf: krystallisirt und durchsichtig, dem Diamant entsprechend, — krystallisirt und undurchsichtig, wie der Graphit, — amorph, ähnlich der Kohle.

Darstellung. 1) Amorphes Bor wird am leichtesten dargestellt, indem man 100 Grm. geschmolzene und gröblich gepulverte Borsäure mit 60 Grm. zu Stücken geschnittenem Natrium mischt und dieses in einen zum Glühen erhitzten gußeisernen Tiegel bringt, worauf man sofort 40 bis 50 Grm. wasserfreies Kochsalz hinzugiebt und nun den Tiegel bedeckt. Es tritt dabei eine heftige Reaction ein, die man vorübergehen läßt und dann die flüssige Schmelze, welche das reducirte Bor, borsaures Natron, Kochsalz und unzersetzte Borsäure enthält, nach kräftigem Umrühren mit einem eisernen Stabe in ein Gefäß gießt, welches mit Salzsäure versetztes Wasser enthält. Die Salze und die überschüssige Borsäure lösen sich leicht auf, während das Bor sich am Boden ablagert. Letzteres wird abfiltrirt, mit salzsäurehaltigem Wasser gewaschen und auf einem porösen Steine bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet, wobei man aber jede Erwärmung vermeidet, weil sonst leicht eine Entzündung eintritt und das Bor verbrennt. Das Bor läßt sich auf diese Weise in beliebig großen Mengen darstellen.

2) Krystallisirtes Bor erhält man entweder durch Reduction der Borsäure mittelst Aluminium oder aus dem amorphen Bor durch Erhitzung mit Aluminium.

Man schmilzt in einem Kohlentiegel 80 Grm. Aluminium in großen Stücken und 100 Grm. geschmolzene und zerkleinerte Borsäure zusammen. Der Kohlentiegel wird unter Ausfüllung der Zwischenräume mit Kohlenstaub in einen Graphittiegel gestellt und das Ganze in einen Windofen gebracht, in welchem man leicht die zum Schmelzen des Nickels nöthige Hitze hervorbringen kann. Man erhitzt 5 Stunden lang so stark wie möglich und entfernt stets die Schlacken, welche den Rost des Ofens verstopfen könnten. Nach dem Erkalten zerschlägt man den Tiegel; man findet dann in ihm zwei deutlich getrennte Schichten, deren eine glasig ist und aus Borsäure und Thonerde besteht, während die andere metallartig, blasig und eisengrau aussieht und mit leicht erkennbaren kleinen Krystallen von Bor besetzt ist. Letztere Schicht besteht aus Aluminium, das seiner ganzen Masse nach von krystallisirtem Bor durchdrungen ist.

Die metallartig aussehende Schicht wird mit siedender Natronlauge von mittlerer Concentration behandelt, welche das Aluminium auflöst, dann zur Beseitigung des Eisens mit kochender Salzsäure und zuletzt mit einer Mischung von Salpetersäure und Flußsäure, um die Spuren von Silicium fortzunehmen, welche nach Behandlung des Bors mit Natron dem ersteren noch beigemengt sein könnten.

Das so erhaltene Bor ist noch nicht ganz rein; es enthält Thonerdeplättchen beigemengt, die man mechanisch auslesen kann, deren Entfernung durch chemische Mittel indeß bislang noch nicht gelungen ist.

Das amorphe Bor läßt sich leicht in krystallisirtes verwandeln. Ein kleiner hessischer Tiegel wird zu dem Zwecke, wie bei der Verfertigung eines Kohlentiegels, mit amorphem Bor vollgefüllt, indem man es lagenweis und so fest wie möglich eindrückt, dann wird bis zu einer gewissen Tiefe ein Loch ausgebohrt und in dieses eine 4 bis 6 Grm. schwere Stange Aluminium gestellt. Der Tiegel wird, mit einem Deckel verschlossen, in einen größeren gestellt und der Zwischenraum mit frisch ausgeglühtem Kohlenpulver ausgefüllt. Nachdem auch der äußere Tiegel wohl verschlossen und verklebt ist, wird es $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden lang einer Temperatur ausgesetzt, die hinreicht, um Nickel zu schmelzen.

Nach dem Erkalten sind in der Regel schon an der Oberfläche des Aluminiums schöne Borkrystalle zu bemerken. Man löst das Metall in Salzsäure auf, wobei alle eingeschlossenen Krystalle zum Vorschein kommen und ungelöst zurückbleiben. Die so erhaltenen Krystalle sind von bedeutender Schönheit und Größe und vollkommen frei von jeder fremden Beimengung. Die meisten sind dunkelbraun, durchscheinend, viele aber von lichter Hyacinthfarbe. Zugleich bildet sich hierbei auch graphitförmiges Bor in dünnen, undurchsichtigen, sechsseitigen Tafeln von blasser Kupferfarbe, die sich von den anderen Krystallen leicht abschlämmen lassen.

3) Graphitartiges Bor. Es bildet sich stets bei der Darstellung des diamantartigen Bors, wenn ein großer Ueberschuß von Borsäure in localer Berührung

mit dem Aluminium ist, und ist daher dem Product beigemengt. Am schönsten erhält man es, wenn man Aluminium schmilzt und es so längere Zeit der Einwirkung von Chlorbor aussetzt. Beim Lösen des Metalls in Salzsäure bleibt das graphitartige Bor in schönen blaß kupferrothen Krystallblättern, die dem hexagonalen System angehören, zurück. Leichter, aber nicht in so wohl ausgebildeten Krystallen erhält man es, wenn man 8 Th. Borfluorkalium unter Zusatz von 9 Th. Chlorkalium und 7 Th. Kochsalz mit 5 Th. Aluminium etwa eine halbe Stunde lang der Silberschmelzhitze aussetzt. Das Aluminium nimmt dabei das ausgeschiedene Bor auf und bildet damit eine unvollständig geschmolzene Metallmasse, die sich am Boden des Tiegels unter einer wohl geschmolzenen Schlacke findet. Nach Beseitigung der letzteren löst man das Aluminium in Salzsäure und behandelt das Bor mit Flußsäure, um es rein zu erhalten.

Auch erhält man es, indem man 15 Th. wasserfreie Borsäure, 10 Th. Flußspath und 2 Th. Aluminium zusammenschmilzt, wobei ebenfalls das Aluminium das Bor aufnimmt und es beim Lösen in Salzsäure zurückläßt.

Eigenschaften. Ebenso wie dem Kohlenstoff kommen dem Bor in seinen verschiedenen Modificationen sehr verschiedene Eigenschaften zu.

Das amorphe Bor ist ein braunschwarzes, feinvertheiltes Pulver, welches leicht an den Fingern haftet und diese beschmutzt wie Kohle; es ist spurenweis in Wasser löslich und ertheilt diesem seine Farbe, nach dem Verdampfen einer solchen Lösung bleibt es unlöslich zurück.

Das krystallisirte diamantartige Bor hat zur Grundform ein quadratisches Prisma und zeigt je nach den verschiedenen Beimengungen bald granatrothe, bald honiggelbe, fast wasserhelle Farbe. Es besitzt Glanz und Lichtbrechungsvermögen in so hohem Grade, daß die Krystalle in dieser Beziehung nur dem Diamant vergleichbar sind. Krystalle von so großer Dicke, daß sie das Licht nicht mehr hindurchgehen lassen, zeigen in Folge dieses Lichtbrechungsvermögens Metallglanz. Würde man das Bor ganz farblos und in großen Krystallen herstellen können, so würden diese unzweifelhaft ganz das Aussehen des Diamants haben und die diesem eigenthümlichen durch Reflexion und Refraction bewirkten Lichteffecte zeigen.

Eine andere Aehnlichkeit mit dem Diamant hat das Bor durch seine große Härte. Die Krystalle desselben ritzen den Corund und orientalischen Rubin, die dem Diamant in der Härte am nächsten stehen, mit Leichtigkeit; selbst geschliffener Diamant wird beim Zerdrücken der Borkrystalle schwach angegriffen.

Je nach der Darstellung hat diese Form des Bors etwas verschiedene Eigenschaften und man muß darnach drei Modificationen desselben unterscheiden:

1) Das Bor bildet metallglänzende Blätter, deren Glanz wenigstens dem des Diamants gleichkommt, es sieht schwarz und undurchsichtig aus, ist jedoch in den dünneren Theilen eines Krystalls durchscheinend. Es hat einen sehr deutlichen Blätterdurchgang und die Krystalle sind in Folge dessen zerbrechlich, seine Härte ist aber sehr bedeutend, es ritzt den Diamant und läßt sich zum Schleifen des Diamants verwenden. Es wirkt jedoch beim Schleifen langsamer wie Diamantpulver, wobei auch das Werkzeug, auf welchem das Borpulver aufgetragen ist, sich nach einer gewissen Zeit verschmiert, welches eine geringere Härte andeutet. Diese Form nimmt es jedesmal an, wenn die Borsäure und das Aluminium nicht lange Zeit mit einander in Berührung bleiben und wenn eine verhältnißmäßig nicht hohe Temperatur angewandt wird. Es sind darin enthalten:

Bor	97,6 Proc.
Kohlenstoff	2,4 „

2) Das Bor zeigt sich in Form vollkommen farbloser und durchsichtiger Krystalle, welche als lange ausgezackte Prismen an einander gereiht sind, wie die Zähne einer Säge. Manchmal erhält man sehr kleine Krystalle, welche wirklich prismatisch sind und an ihren Enden nicht Flächen zeigen. Sie sind im höchsten Grade diamantglänzend, aber ihre Härte ist etwas geringer als die der vorhergehenden Varietät. Diese Krystalle entstehen jedesmal, wenn Borsäure mit einem Ueberschuß von Aluminium im Kohlentiegel lange Zeit, mindestens 5 Stunden bis zur Nickelschmelzhitze erhitzt worden, welches nur wenige Tiegel ertragen.

Die Zusammensetzung dieser Varietät ist sehr schwankend. Die folgende Analyse, mit sehr schönen ausgewählten Krystallen angestellt, wird eine Vorstellung von dem durchschnittlichen Verhältniß seiner Bestandtheile geben:

Bor	89,1 Proc.
Kohlenstoff	4,2 „
Aluminium	6,7 „

3) Die härteste Varietät des Bors, welche noch weit härter als die zuerst besprochene ist, wird erhalten, indem man wiederholt überschüssige Borsäure auf Aluminium wirken läßt, bei einer so hohen Temperatur, als erforderlich ist, um die Borsäure rasch zu verflüchtigen. Um 1 bis 2 Grm. dieser Varietät zu erhalten, muß man in verschlossenen Gefäßen, in Apparaten von dichter Kohle 20 bis 30 Grm. Borsäure verdampfen und jedesmal 2 bis 3 Stunden lang erhitzen. Es bleibt alsdann im Tiegel eine blasige Masse von rother, ins Hell-Chocolade ziehender Farbe, welche der als Bowr bezeichneten Varietät des Diamants ganz ähnlich aussieht; dieselbe ist mit sehr stark glänzenden Borkrystallen überzogen, welche man durch Behandlung mit Natron und Salzsäure von Eisen oder anderen Metallen und Aluminium befreien muß. Das Bor bleibt dabei mit Thonerde verunreinigt und kann von dieser nicht getrennt werden.

Diese Art des Bors zeigt sich unter dem Mikroskop als ganz und gar aus kleinen Krystallen zusammengesetzt; auch mit bloßem Auge lassen sich deutlich kleine Krystalle unterscheiden. Seine Härte ist so groß, daß sie der des Diamants nicht nachsteht, auch nutzt sich das Pulver, wenn es zum Schleifen des Diamants gebraucht wird, nicht ab, sondern behält seine ursprüngliche Feinheit.

Es ist jedenfalls eigenthümlich und höchst interessant, daß das krystallisirte Bor stets Kohlenstoff enthält. Bei der Farblosigkeit oder der geringen Färbung der Krystalle ist es nicht anders möglich, als daß der Kohlenstoff in Form von Diamant darin vorkommt, weil die

geringsten Mengen des amorphen Kohlenstoffs ein so hohes Färbungsvermögen haben, daß die Borkrystalle unter allen Umständen, selbst bei einem weit geringeren Gehalt, vollkommen schwarz erscheinen müßten. Dieses Verhalten ist um so wunderbarer, als der Diamant eine ganz andere Krystallform besitzt als das Bor, und man muß dann entweder annehmen, daß unter Umständen der Diamant einen Dimorphismus zeigen kann, oder daß das Bor durch seine Massenwirkung dem nur in geringer Menge darin enthaltenen Diamant gewissermaßen seine Krystallform aufzwingen kann.

Das graphitartige Bor ist immer undurchsichtig, hell metallglänzend, in größeren Krystallen blaß kupferroth. Meistens erhält man es als graues Krystallpulver; nach der zuerst oben beschriebenen Methode dargestellt, bildet es dünne sechsseitige Tafeln, welche, wie erwähnt, dem hexagonalen System angehören.

Beim Erhitzen verhalten sich die drei Modificationen des Bors sehr verschieden. Das amorphe verbrennt in reinem Sauerstoff leicht und unter Funkensprühen zu Borsäure, beim Erhitzen an der Luft entzündet es sich schon bei 300° C. und bildet dabei außer Borsäure auch Borstickstoff, indem sich beide Bestandtheile der Luft damit verbinden. Das diamantartige Bor ist selbst beim stärksten Erhitzen in Sauerstoff nicht verbrennbar. Es bildet sich nur an der Oberfläche eine dünne Schicht Borsäure, die das Uebrige so einhüllt, daß der Sauerstoff nicht mehr zutreten kann, und den Rest vor der Verbrennung schützt. Das graphitartige Bor verhält sich in dieser Beziehung dem vorigen ähnlich. Erhitzt man das amorphe Bor bis zum schwachen Rothglühen und leitet Wasserdampf darüber, so wird dieses unter Feuererscheinung zersetzt, das Bor zu Borsäure oxydirt und der Wasserstoff frei gemacht.

Bei der Behandlung mit den concentrirtesten Säuren und Alkalien verhält sich das diamantartige Bor vollkommen indifferent. Das graphitartige wird ebenfalls nicht gelöst, concentrirte Salpetersäure verwandelt es erst nach langer Zeit in Borsäure. Verdünnte Säuren und Alkalien wirken auch nicht auf das amorphe Bor ein, concentrirte Schwefelsäure, Salpetersäure und Königswasser oxydiren es aber zu Borsäure. Schmelzender Salpeter verpufft mit dem amorphen Bor sehr heftig, mit dem krystallisirten kann man ihn aber zum Glühen erhitzen, ohne daß dieses verändert wird.

Das amorphe Bor ist eins der kräftigsten Reductionsmittel. Beim Schmelzen mit kohlensauren Alkalien zersetzt es die Kohlensäure unter Abscheidung von Kohlenstoff und löst sich zu borsaurem Alkali. Aus Alkalihydrat macht es unter Aufschäumen den Wasserstoff frei. Das krystallisirte löst sich nur sehr langsam in glühendem Alkali oder kohlensauren Alkalien; es wird nur bei sehr starker Glühhitze von saurem schwefelsaurem Kali oxydirt. Das amorphe Bor zersetzt sogar die Phosphorsäure unter Freiwerden von Phosphor, wenn man beide zusammen erhitzt. Metalloxyde geben leicht ihren Sauerstoff an das amorphe Bor ab. Beim Erhitzen mit den Chlor- oder Schwefelverbindungen der schweren Metalle mit amorphem Bor werden diese zersetzt, indem sich das Metall abscheidet und Chlorbor gasförmig entweicht oder Schwefelbor gebildet wird.

In allen seinen drei Modificationen hat das Bor die größte Verwandtschaft zu dem Chlor. Erhitzt man es nur gelinde in Chlorgas, so verbindet es sich mit diesem zu einem gasförmigen Chlorid, dessen Zusammensetzung der Borsäure entspricht. Dieses Chlorid ist bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig, es läßt sich aber durch Abkühlung zu einem leicht beweglichen Fluidum verdichten, welches bei + 17° C. siedet. Dasselbe Chlorid wird erhalten, wenn man amorphes Bor in einem Strome von Chlorwasserstoff erhitzt, wobei Wasserstoff frei wird.

Ein merkwürdiges Verhalten zeigt das amorphe Bor gegen Stickstoff. Aehnlich wie das Titan verbindet es sich mit diesem, es wird, wie oben erwähnt, bei der Verbrennung an der Luft stets gleichzeitig mit Borsäure auch Borstickstoff gebildet. In größter Menge bildet sich der Borstickstoff bei der Verwandlung des amorphen Bors in krystallisirtes, wobei man einen mit amorphem Bor gefüllten Tiegel im Ofen stark erhitzt. Dieses absorbirt den Stickstoff aus der Feuerluft, welche den Tiegel durchdringt, und es wird die Gesammtmenge des nicht von dem Aluminium aufgenommenen Bors in diese Verbindung verwandelt. Die Affinität beider Körper zu einander ist so groß, daß das Bor den Stickstoff den meisten seiner Verbindungen entzieht. Leitet man durch ein mit amorphem Bor gefülltes Rohr Ammoniakgas und erwärmt gelinde, so erhitzt das Bor sich zum lebhaften Glühen und alles Ammoniak wird unter Freiwerden von Wasserstoff zersetzt, während Stickstoffbor entsteht. Ganz ähnlich verhält es sich zu Stickoxydgas, es verbrennt darin zu einem Gemenge von Borsäure und Borstickstoff. Stickoxydulgas wird nicht vom Bor zersetzt. Der Borstickstoff ist eine sehr beständige Verbindung, er widersteht der Einwirkung der Säuren und Alkalien; erhitzt man ihn aber in Berührung mit Wasserdampf zum Rothglühen, so bildet er Borsäure und Ammoniak.

Gegen Schwefelwasserstoff verhält sich das amorphe Bor ähnlich wie gegen Ammoniak, es zersetzt dieses bei gelindem Erwärmen, ohne dabei jedoch ins Glühen zu kommen, in freiwerdenden Wasserstoff und verbindet sich dabei mit dem Schwefel, wobei ein Theil des Schwefelbors in dem Gasstrom sublimirt und sich an dem kälteren Theil des Rohrs verdichtet. In Berührung mit Wasser verwandelt sich das Schwefelbor momentan in Borsäure und Wasserstoff.

Borsäure, BO_3. Von allen Verbindungen des Bors ist die mit Sauerstoff die wichtigste und vom technischen Standpunkte die allein wichtige. Sie kommt in der Natur theils frei, theils in Form borsaurer Salze vor. Von letzteren finden sich die folgenden:

1) Boronatrocalcit, Tiza, Hydroboracit, Hayesin, Borocalcit, Boraxkalk, Tincalcit, afrikanischer Rhodizit. Ein großes Lager dieses Minerals liegt in Chili bei Iquique, in derselben Gegend, wo der Natronsalpeter in so großen Massen auftritt. Der Boronatrocalcit bildet dort zu Tage stehende Ablagerungen von sandiger Structur, die reichlich mit Knollen von Haselnuß- bis Wallnußgröße vermischt sind. Die Knollen haben auf dem Bruch ein strahlig krystallinisches seidenglänzendes Gefüge und grauweiße Farbe. Ein anderes Lager findet sich bei

Windsor, auf Clifton in Neuschottland und ein drittes auf der Westküste von Afrika. Das Mineral ist nie rein, sondern enthält stets Einschlüsse von Kochsalz, schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Kalk in veränderlicher Menge. Berücksichtigt man diese Einschlüsse, so läßt sich, wie Kraut aus den vorhandenen Analysen nachgewiesen hat (Arch. Pharm. 162, 25), die Zusammensetzung der sämmtlichen von den verschiedenen Fundorten stammenden und mit den eben angeführten Namen belegten Mineralien auf die Formel $NaO . 2 BO_3 + 2 CaO . 3 BO_3 + 15 HO$ zurückführen.

Analysen von Boronatrocalcit:

	Natron.	Kalk.	Borsäure.	Wasser.	Kali.	Schwefelsäure.	Kochsalz.	Sand.
1)	8,8	15,7	49,5	26,0	—	—	—	—
2)	8,8	15,9	49,5	25,8	—	—	—	—
3)	8,22	14,32	45,66	27,22	0,51	1,10	2,65	0,32
4)	6,67	13,13	43,70	35,67	0,83	1,29	—	— *)
5)	8,36	13,95	41,97	34,39	—	—	—	—
6)	7,21	14,20	44,10	34,49	—	—	—	—
7)	5,17	14,03	46,46	32,61	—	10,66	1,89	—
8)	8,95	16,32	12,11	41,25	—	2,72	4,21	8,00
9)	7,24	11,00	30,18	45,50	—	0,34	2,86	2,50
10)	8,33	15,78	34,74	35,00	—	—	8,81	2,90
11)	10,13	14,02	36,91	37,40	—	0,50	—	—
12)	7,54	14,05	41,39	34,67	—	—	2,35	—
13)	7,03	13,45	45,74	33,78 **)	—	—	—	—
14)	7,34	13,42	—	—	—	—	—	—
15)	7,26	13,59	—	—	—	—	—	—
16)	7,37	12,96	—	—	—	—	—	—

1) u. 2) Tiza vom südlichen Peru nach Alex (Ann. Chem. Pharm. 70, 51). 3) Hayessin aus Peru nach Allan Dick (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1853, 852). 4) Boronatrocalcit von Iquique nach Rammelsberg (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1856, 884). 5) u. 6) Boronatrocalcit von Windsor, Neuschottland, nach Haw (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1857, 697). 7) Boronatrocalcit von Südamerika nach Helbig (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1858, 737). 8) bis 10) Desgl. von Iquique nach Salvétat (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1858, 737). 11) Rhodizit von Afrika nach Kletzinsky (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1859, 816). 12) Boronatrocalcit nach Kraut (Arch. Pharm. 162, 28). 13) Afrikanischer Boronatrocalcit nach Kraut. 14) bis 16) Von Südamerika nach Kraut.

Nach Lecanu (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1853, 852):

Borsaurer Kalk	54,35
Borsaures Natron	13,44
Schwefelsaures Natron	5,04
Chlornatrium	9,87
Erdiger Rückstand	10,70
Wasser	34,60

Analysen desselben Minerals von Reichardt (Liebig u. Kopp's Jahresber. 1858, 737) sind als unrichtig zu betrachten, weil derselbe durch einen Irrthum kein Natron darin gefunden hat.

Der Boronatrocalcit ist in sofern von technischer Wichtigkeit, als er, neben der nur an einem Fundort vorkommenden natürlichen Borsäure, das einzige Rohmaterial zur fabrikmäßigen Darstellung des Borax ist und zu diesem Zwecke seit einigen Jahren vielfach verwandt wird.

2) Boracit, borsaure Magnesia, $3 MgO . 4 BO_3$, kommt nur an zwei Fundorten vor, zu Lüneburg und zu Seegeberg in Holstein, und bildet schöne Krystalle des tesseralen Systems, die in Gips und Anhydrit eingewachsen sind.

3) Staßfurtit unterscheidet sich vom Boracit dadurch, daß er außer den Bestandtheilen desselben Chlormagnesium enthält. Er findet sich in dem großen Steinsalzlager von Staßfurt als weißlich gelbe Masse, die dem Auge dicht erscheint, aber ein Aggregat von mikroskopisch kleinen Krystallen ist.

4) Datolith, eine Verbindung von borsaurem Kalk mit Kalksilicat nach der Formel $3 (CaO . BO_3) + 3 CaO . 4 SiO_3 + 3 HO$, krystallisirt klinorhombisch und findet sich derb und in grob- und feinkörnigen Aggregaten. Er findet sich zu Toggiana in Modena, Arendal in Norwegen, auf Utöe bei Schweden, zu Andreasberg am Harz, in Tyrol und in Nordamerika, in New-Jersey.

4) Tincal, saures borsaures Natron, Borax ($NaO . 2 BO_3 . 10 HO$), findet sich in Südamerika, vorzugsweise aber in Asien, in der Tartarei, in Thibet, auf Ceylon und bildet sich beim Austrocknen von Seen, in deren Wasser es enthalten ist. Vormals waren diese Fundorte die einzigen, von denen der ganze Bedarf an Borax gedeckt wurde, in neuerer Zeit wird aber eine weit größere Menge künstlich dargestellt.

Darstellung. Man erhält die Borsäure in reinem Zustande, wenn man zweifach borsaures Natron — Borax — in heißem Wasser löst und zu der siedenden Flüssigkeit so lange Chlorwasserstoffsäure fügt, bis blaues Lackmuspapier die charakteristische zwiebelrothe Färbung zeigt. Nach dem Erkalten schießt die Säure in kleinen schuppenförmigen Krystallen an. Diese werden auf einen Trichter gebracht, um die Mutterlauge, welche Chlornatrium enthält, ablaufen zu lassen, mit kaltem Wasser gewaschen und aus heißem Wasser umkrystallisirt. Die so gereinigte Säure wird nochmals mit destillirtem Wasser gewaschen und getrocknet. Aus der zweiten Mutterlauge kann man durch Verdampfen noch eine geringe Menge Krystalle erhalten; man thut aber besser, sie

*) Nach Abzug von 3,17 Proc. Chlornatrium, 0,41 Proc. schwefelsaurem Natron und 0,39 Proc. schwefelsaurem Kalk berechnet.

**) Nach Abzug von 0,75 Proc. Gips und 2,09 Proc. Kochsalz berechnet.

zurückzustellen und sie bei der nächsten Operation statt Wasser zum Auflösen des Borax zu gebrauchen. Die Borsäure ist sehr geneigt, eine Spur der zu ihrer Abscheidung angewandten Säure zurückzubehalten. Man kann sie aber von Chlorwasserstoffsäure befreien, wenn man sie bis auf 120° erhitzt; Schwefelsäure läßt sich nur durch Schmelzen bei Rothglühhitze entfernen.

Eigenschaften. Die krystallisirte, wasserhaltige Säure löst sich in 30 Th. kaltem und ungefähr 3 Th. siedendem Wasser. Die letztere Lösung scheidet sie beim Erkalten in perlglänzenden, schuppenförmigen Krystallen ab. Sie ist in Alkohol löslich und ertheilt der Flamme desselben eine schöne grüne Farbe: desgleichen löslich in verschiedenen Mineralsäuren, namentlich in Schwefelsäure. Sie hat einen schwachen Geschmack, färbt Lackmus kaum roth, ähnlich wie die Kohlensäure, ertheilt dem Curcumapapier aber eine braune Farbe wie die Alkalien. Die Säure schmilzt leicht zu einem Glase, sie absorbirt dann nach dem Erkalten in feuchter Luft Wasser und wird undurchsichtig. In geschmolzenem Zustande löst sie die meisten Metalloxyde und bildet mit vielen von ihnen gefärbte Flüsse, die zur Erkennung der Metalle dienen können. Ihr specifisches Gewicht in krystallinischem Zustande ist 1,48, nach dem Schmelzen 1,80. Bei Weißglühhitze sublimirt sie langsam, wenn die Luft Zutritt hat. Die geschmolzene Masse zerspringt häufig von selbst beim Abkühlen unter Lichtentwicklung. Die vollkommen reine Säure schießt beim langsamen Erkalten in prismatischen Krystallen an.

Die trockne Borsäure kann, ohne sich merklich zu verflüchtigen, bis zur Rothgluth erhitzt werden; aber beim Kochen einer wäßrigen Lösung wird ein großer Theil mit den Wasserdämpfen fortgerissen. Beim Sieden ihrer alkoholischen Lösung hat man noch einen bedeutenderen Verlust.

In wäßriger Lösung ist ihre Affinität für Basen so gering, daß sie kaum den Charakter einer Säure zu haben scheint. Ganz das Gegentheil findet aber in hoher Temperatur Statt. Sie wird dann nur von der Kieselsäure übertroffen. Beim Erhitzen von schwefelsauren Salzen mit Borsäure wird die Schwefelsäure vollkommen verflüchtigt. Diese Verschiedenheit des Verhaltens beruht höchst wahrscheinlich darauf, daß die Borsäure beim Schmelzen in eine allotropische Modification, die ganz andere Eigenschaften hat, übergeht. Diese Vermuthung wird namentlich durch die Lichterscheinung beim Erkalten bestärkt, welche eine Veränderung des Molecularzustandes andeutet.

Die Borsäure besteht aus 1 Aeq. Bor und 3 Aeq. Sauerstoff:

	Atomgewicht.	Procentgehalt.
1 Aeq. Bor	11	31,43
3 „ Sauerstoff	24	68,57
1 Aeq. Borsäure	35	100,00

Die krystallisirte Säure besteht aus:

	Atomgewicht.	Procentgehalt.
1 Aeq. Borsäure	35	56,45
3 „ Wasser	27	43,55
1 Aeq. kryst. Borsäure.	62	100,00

Die Krystalle verlieren die Hälfte ihres Wassers bei 100°.

Die Borsäure wird in hoher Temperatur von Kalium unter Lichterscheinung reducirt. Natrium bewirkt die Zersetzung ruhiger; Kohle hat keinen Effect auf die Säure.

Mit Basen bildet sie eine Reihe von Salzen, von denen das zweifach borsaure Natron das wichtigste ist. Dieses wird später ausführlich beschrieben werden.

Gewinnung der Borsäure. Der einzige Productionsort der Borsäure ist das Großherzogthum Toscana. Payen giebt folgende Beschreibung der dortigen Fabrikation: Die Etablissements zur Gewinnung der Borsäure bieten dem Beobachter vieles Interesse dar. Sie liegen auf einem etwas abhängigen Boden, der fortwährend Ströme von Gasen und Dämpfen ausstößt. Diese brechen aus kleinen Seen hervor, schleudern die Wassermasse strahlenförmig in die Höhe und entweichen als weiße Wolken in die Atmosphäre. Am Fuße der Hügel liegen die Fabriken, deren es nicht weniger als neun giebt, in geringen Entfernungen von einander. Dort sieht man weder Maschinen, weder Feuer noch Rohmaterialien, und dennoch herrscht die größte Thätigkeit. Millionen Pfund Wasser werden verdampft und jährlich circa 3 Millionen Pfund Borsäure daselbst erzeugt. Die Dampfausströmungen, Soffioni oder Fumarolen genannt, liefern alles zur Fabrikation Erforderliche. Man braucht ihnen nur eine bestimmte Richtung vorzuschreiben, um von den einen die rohe Lösung der Borsäure zu erhalten, während andere die Wärme zur Verdampfung derselben geben.

Ein anderer Forscher, Sir John Bowring, sagt: Die Borsäure-Lagunen Toscana's sind einzig in ihrer Art in Europa, wenn nicht in der ganzen Welt. Ihr Erzeugniß ist für viele Länder von der größten Wichtigkeit geworden. Sie sind über eine Oberfläche von ungefähr 10 Meilen ausgebreitet und bieten dem Auge des Zuschauers schon aus weiter Ferne Dampfwolken dar, deren Intensität je nach dem Wetter und der Jahreszeit variirt, und die sich weit über die umliegenden Berge verbreiten.

Wenn man sich den Lagunen nähert, scheint die Erde Wasser, wie aus Vulcanen verschiedener Größe, auszuwerfen. Der Boden besteht abwechselnd aus Sand, Kreide, Mergel und Kalkstein. In der unmittelbaren Nähe ist die Hitze unerträglich. Man wird von dem Dampfe, welcher der Luft einen eigenthümlichen, schwefelartigen Geruch ertheilt, durchnäßt. Die ganze Gegend scheint in einer gewaltigen Revolution zu sein: der tobende Ausbruch des kochenden Wasserstromes, der zerrissene und zerwühlte Boden, die Dampfwolken, die nasse und riechende Luft, der Fall des Wassers über schwarze und vereinzelte Felsen.

Der Grund, welcher unter den Füßen brennt und zittert, ist mit herrlichen Krystallisationen von Schwefel und anderen Sublimaten und Auswitterungen bedeckt. Der Monte Cerboli besteht aus einem schwarzen Mergel, der mit Kalkstein durchsetzt ist, und erhält dadurch aus der Ferne das Ansehen des gestreiften Marmors. Die Bauern der Gegend betrachteten früher diesen Ort als

den Eingang zur Hölle: ein Aberglaube, der wahrscheinlich aus sehr alten Zeiten herstammt. Die bedeutendste der Lagunen heißt noch heute Monte Cerboli — Mons Cerberi. — Nur Wenige wagen sich dem Orte zu nähern, ohne den Schutz der Jungfrau anzurufen und ohne an ihren Rosenkränzen ihre Gebete zu zählen.

Genauere geologische Nachrichten über die Gegend der Borsäure-Exhalationen sind in neuerer Zeit von Schmidt in Dorpat mitgetheilt. Derselbe beschreibt sie folgendermaßen (Annal. Chem. u. Pharm. 98, 271; 102, 190):

Die toscanischen Borsäurefumarolen von Monte Cerboli, bei Pomarance beginnend, bezeichnen als geologische Wegweiser eine Reihe von Durchbrüchen des Serpentins (Gabbro in der Landessprache; unter diesem Namen versteht man dort sowohl den Euphotid wie den Serpentin, es ist jedoch letzterer, welcher dort auftritt) durch einen den oberen Kreideschichten angehörenden, häufig stark dolomitischen Apenninen-Kalk. Bereits zwei Meilen südlich von Pontedera, der Eisenbahnstation zwischen Florenz und Pisa, beginnt im Erathale das Auftreten des Gipses, der, ein Terrain von über 10 Quadratmeilen bedeckend, theils mit dolomitischem Thone, dem des Salzkammerguts ähnlich, wechsellagert, theils in den reinsten Blöcken letzterem eingebettet vorkommt. Mehrere reiche Salzquellen, durch Röhrenleitungen zum Sudhause im Thale der Cecina, auf halbem Wege zwischen Volterra und Pomarance zusammengeleitet, bezeugen auch hier den wahrscheinlichen genetischen Causalnexus der bekannten halurgischen Trias: Dolomit, Gips und Kochsalz.

Das ganze Terrain wenige Miglien südlich von Pontedera bildet ein steriles, welliges, von der Era und der Cecina mit ihren Nebenflüssen vielfach zerrissenes Gipsthonplateau mit höchst spärlicher Vegetation, baumlos und wasserarm, bis kurz vor Volterra der Weg sich rasch in vielen Schneckenwindungen als vortreffliche Kunststraße bergan windet und den reich bebauten fruchtbaren Abhang als Oase inmitten dieser Wüstenei übersehen läßt. Ungefähr $1\frac{1}{2}$ Meilen vor Pomarance tritt ein hellgelber poröser Kalktuff auf, der gleich hinter diesem Orte, zwei Miglien vor Monte Cerboli, zuerst von dichtem leicht verwitterndem Serpentin als Masseneruption durchbrochen wird.

In der den Lagoni der Pomarance zunächst liegenden Fabrik von Monte Cerboli reiht sich ein Bassin ans andere, Form und Größe sind verschieden, je nachdem die Fumarolen selbst hier oder dort massenhafter hervorbrechen. Ein kleiner hineingeleiteter Bach dient zur Füllung; sie sind in fortwährendem wallendem Sieden, 1 bis 0,5 Meter hohen Sprudeln, gewaltige Dampfwolken bildend, die indeß nur verhältnißmäßig unbedeutend nach Schwefelwasserstoff riechen. Das ganze Terrain ist durch und durch zerfressen, von Sublimationen und Incrustationen gebildet, hier schöne Schwefelkrystalle in lockeren Drusen, dort schneeweißes schwefelsaures Ammoniak als Sublimation, hier borsaurer Kalk, Larderellit, dort borsaure Talkerde und Eisenoxyd. —

Die Lagunen werden erst seit Anfang dieses Jahrhunderts ausgebeutet, und namentlich erst, seitdem sie Besitzthum des Grafen Larderello geworden sind, dem sie jetzt mehr Gewinn bringen, wie Anderen manche Silberminen Peru's und Mexico's. Die Fabrikation bot anfangs viele Schwierigkeiten dar, die hauptsächlich in dem gänzlichen Mangel an Brennmaterialien beruhten. Sie wurde erst lucrativ, als Larderello die latente Wärme des Dampfes selbst zur Concentration der Lösungen benutzte.

Payen hat die Dämpfe einer Untersuchung unterworfen und folgendes Resultat erhalten:

Die nicht verdichtbaren Gase bestehen aus:

Kohlensäure	57,30
Stickstoff	34,81
Sauerstoff	6,57
Schwefelwasserstoff	1,32
	100,00

Die verdichtbaren Theile und die Substanzen, welche mechanisch von den Dampfströmen fortgerissen werden, variiren sehr. Sie enthalten außer Wasser gewöhnlich Thon, Gips, Ammoniak, Thonerde, Eisen, Chlorwässerstoffsäure und organische Substanzen, deren Geruch an den erinnert, welchen man häufig am Ufer des Meeres wahrnimmt. Sie scheiden Schwefel in allen Spalten und Klüften, die sie durchströmen, ab. Die Temperatur der Gase variirt von 96 bis 100°.

Die Säure läßt sich nach Payen nicht durch Verdichtung der Dämpfe gewinnen. Um sie zu erhalten, ist es unbedingt erforderlich, daß die Mündungen der Soffioni in den Lagunen oder Wasserbehältern befindlich seien. Man hat häufig bemerkt, daß ein Theil des Wassers plötzlich verschluckt und später durch die Dämpfe wieder in die Höhe geschleudert worden. Die Ursache der Gasausströmungen und die hohe Temperatur scheint seit Jahrhunderten unverändert geblieben zu sein, während die Erzeugung oder wenigstens die Zutageförderung der Borsäure von dem Eintreten des Wassers abhängig zu sein scheint.

Durch neuere Versuche von Schmidt ist jedoch nachgewiesen, daß Borsäure auch fertig gebildet in den gasförmigen Ausströmungen enthalten ist, indem die sorgfältig verdichteten Wasserdämpfe bedeutende Mengen von Borsäure enthalten, deren Quantität er auf 0,1 Proc. des aus den Gasen und Dämpfen verdichteten Fluidums berechnet.

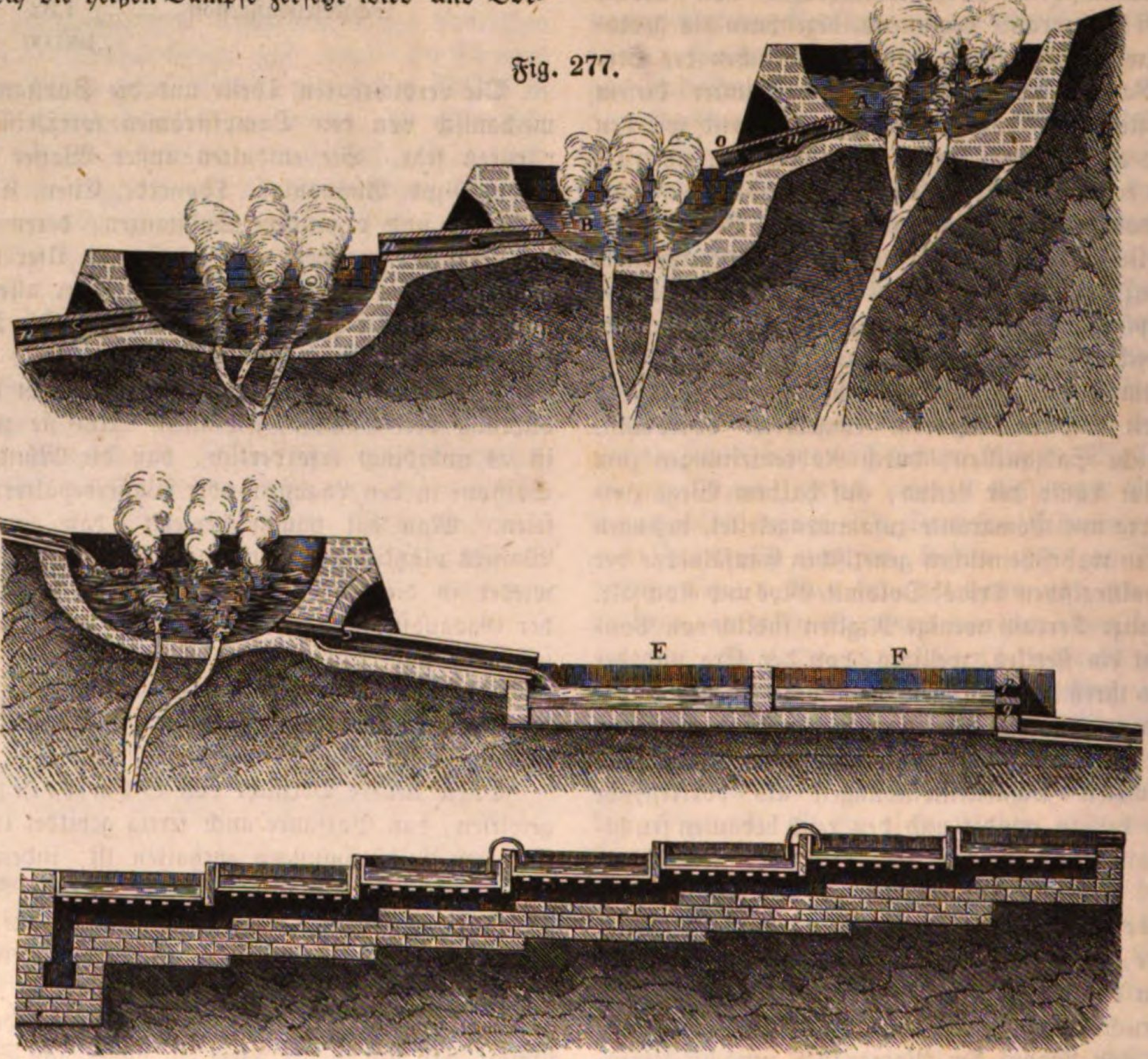
Dumas erklärt diese Phänomene, indem er annimmt, daß sich in der Tiefe ein Lager von Schwefelbor befinde. Wenn dieses mit Seewasser in Berührung kommt, so wird eine heftige Reaction entstehen, deren Folge eine außerordentliche Temperaturerhöhung, Borsäure, Schwefelwasserstoff-, Chlorwasserstoffsäure — durch Zersetzung des Kochsalzes durch Borsäure — und Ammoniak, aus organischen Substanzen, sein würde. Wenn die Zersetzung in der Nähe von Kalkstein statt fände, so würde die Borsäure, indem sie von Wasser und Dampf fortgerissen würde, auf den kohlensauren Kalk wirken, wodurch sich eine Quantität Kohlensäure den übrigen Gasen hinzugesellen würde. In gewissen Entfernungen wird die Borsäure abgelagert werden; der Strom wird sie mit sich fortführen, sobald Wasser aus den Lagunen bis zu diesem Punkte gelangt, oder sonst immer mehr Säure absetzen. Die im Seewasser enthaltene Luft oxydirt einen Theil des Schwefelwasserstoffs und bildet Schwefelsäure, die sich mit Kalk, Ammoniak, Thonerde und Eisen zu den entsprechenden Sal-

zen vereinigt. Der Kalk wird aus dem Kalkstein, das Ammoniak aus den Dämpfen, die Thonerde und das Eisenoxyd aus dem Thon aufgenommen. Die Entstehung dieser verschiedenen Salze, die fortwährend vom Wasser fortgeführt werden, erklärt die Zerrissenheit und die Zerstörung des Bodens. Die Abscheidung des Schwefels geschieht durch eine unvollkommene Oxydation des Schwefelwasserstoffs.

Das constante Auftreten von großen Mengen von Ammoniak deutet auf die Anwesenheit von Borstickstoff, welcher durch die heißen Dämpfe zersetzt wird und Borsäure neben Ammoniak liefert. Die Annahme der Existenz eines solchen Lagers von Borstickstoff hat jedenfalls eben so viel Berechtigung als die von Anhäufungen von Schwefelbor.

Es ist aber nicht unmöglich, daß die Borsäure durch Einwirkung von Schwefelsäure, deren Existenz in vulcanischen Gebilden so leicht zu erklären ist, aus Ablagerungen von **borsaurem Kalk** entsteht. **Bischof** erklärt das Auftreten der Borsäure in den Dämpfen,

Fig. 277.



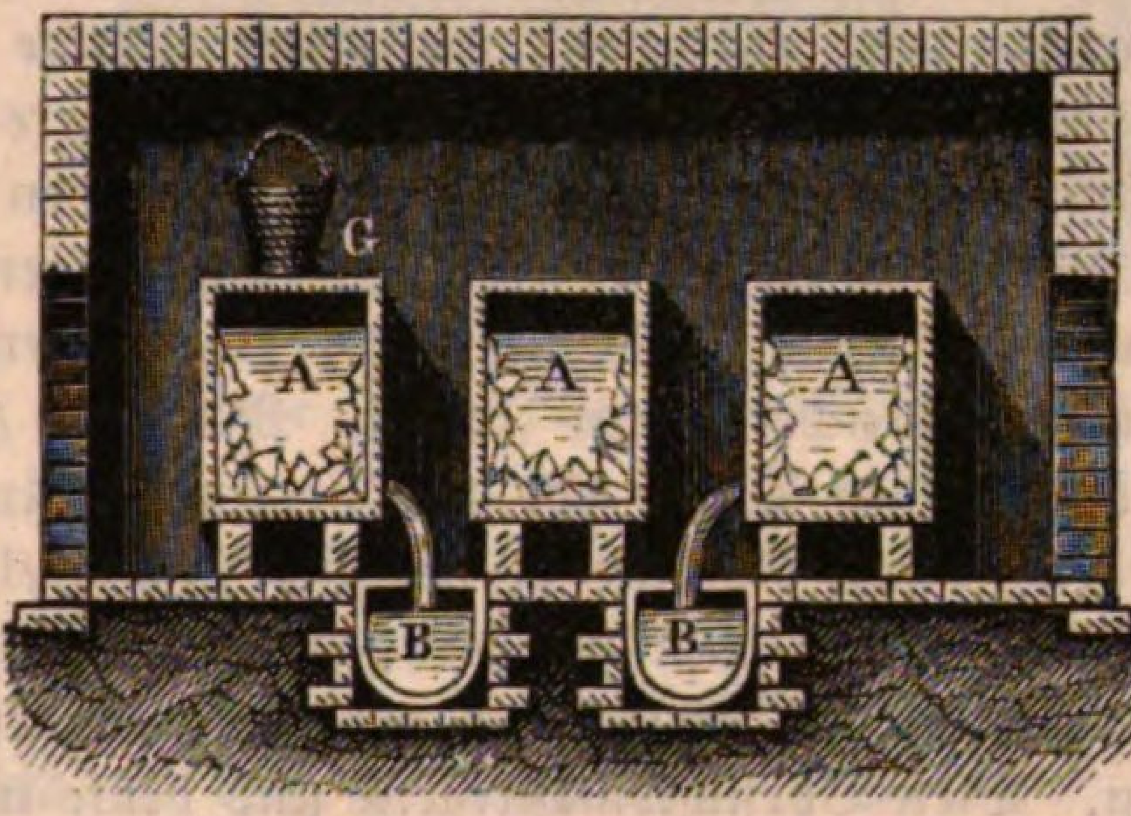
indem er annimmt, daß borsaure Salze, borsaurer Kalk oder borsaure Magnesia sich in dem von den heißen Dämpfen durchstrichenen Gestein finden und daß diese Salze durch den Einfluß von Wasserdampf, Kohlensäure und Salmiak zersetzt werden und dabei Borsäure liefern.

Zur Gewinnung der Borsäure legt man über den Spalten, denen die Dämpfe entströmen, gemauerte, wasserdichte Bassins an und leitet in das am höchsten liegende aus einer benachbarten Quelle Wasser. Fig. 277 wird die Einrichtung verdeutlichen. Nachdem die Flüssigkeit 24 Stunden lang in der Lagune *A* den Dämpfen ausgesetzt gewesen ist, öffnet man das Rohr *O*, läßt den Inhalt von *A* nach *B* fließen und füllt die erstere mit frischem Wasser. In *B* nimmt die Lösung während der folgenden 24 Stunden eine neue Menge Säure auf. Von dort gelangt sie nach *C* und *D* und nachdem sie alle vier Lagunen passirt hat, in die Cisterne *E*, welche 20 Fuß lang und breit und 2 Fuß tief ist. In dieser bleibt sie vollkommen ruhig stehen, um sich zu klären. Der größte Theil der mechanisch mit fortgerissenen Substanzen lagert sich im Laufe von 24 Stunden ab. Um die Lösung aber so rein wie möglich zu erhalten, bringt man sie in ein zweites Klärgefäß *F*, wo sich der Rest des Thons u. s. w. absetzt. Die Lösung ist sehr verdünnt und muß durch Verdampfung zur Krystallisation gebracht werden. Hierzu bedient man sich einer Reihe von 7 Bleipfannen, die terrassenförmig neben einander angelegt sind. Sie ruhen auf einem Lager von Balken und werden durch die Wärme einiger Soffioni, die in Zügen unter den Pfannen circuliren, erwärmt. Zuerst füllt man die vier oberen Pfannen, deren Inhalt nach 24 Stunden auf ungefähr die Hälfte reducirt sein wird. Dann bringt man ihn in die folgenden zwei Pfannen, die gänzlich angefüllt werden, und überläßt die Lösung hier während einer ebenso langen Zeit der Einwirkung der Dämpfe. Dadurch muß sich das Vo-

lum wieder um die Hälfte verringern, so daß die letzte Pfanne die ganze Menge aufnehmen kann. Hier mischt man dann die Mutterlauge der vorigen Krystallisation hinzu und läßt so lange verdampfen, bis die Flüssigkeit ein specifisches Gewicht von 1,070 bis 1,080 bei 80° zeigt. Die Lösung wird dann in die Krystallisationsgefäße gebracht und setzt darin den größten Theil der Borsäure ab. Die Krystallisationsgefäße werden gewöhnlich aus Holz angefertigt und inwendig mit Blei ausgeschlagen. Die Pfannen halten jede ungefähr 120 Cubikfuß Flüssigkeit. Jeder Zug von 7 Pfannen liefert täglich circa 90 bis 100 Pfund verkäufliche Säure. Bei regnigtem Wetter ist die Ausbeute aber merklich geringer. Während der Verdampfung scheidet sich ein großer Theil des in Wasser schwer löslichen Gipses in Form eines feinen Schlammes ab und wird von Zeit zu Zeit entfernt.

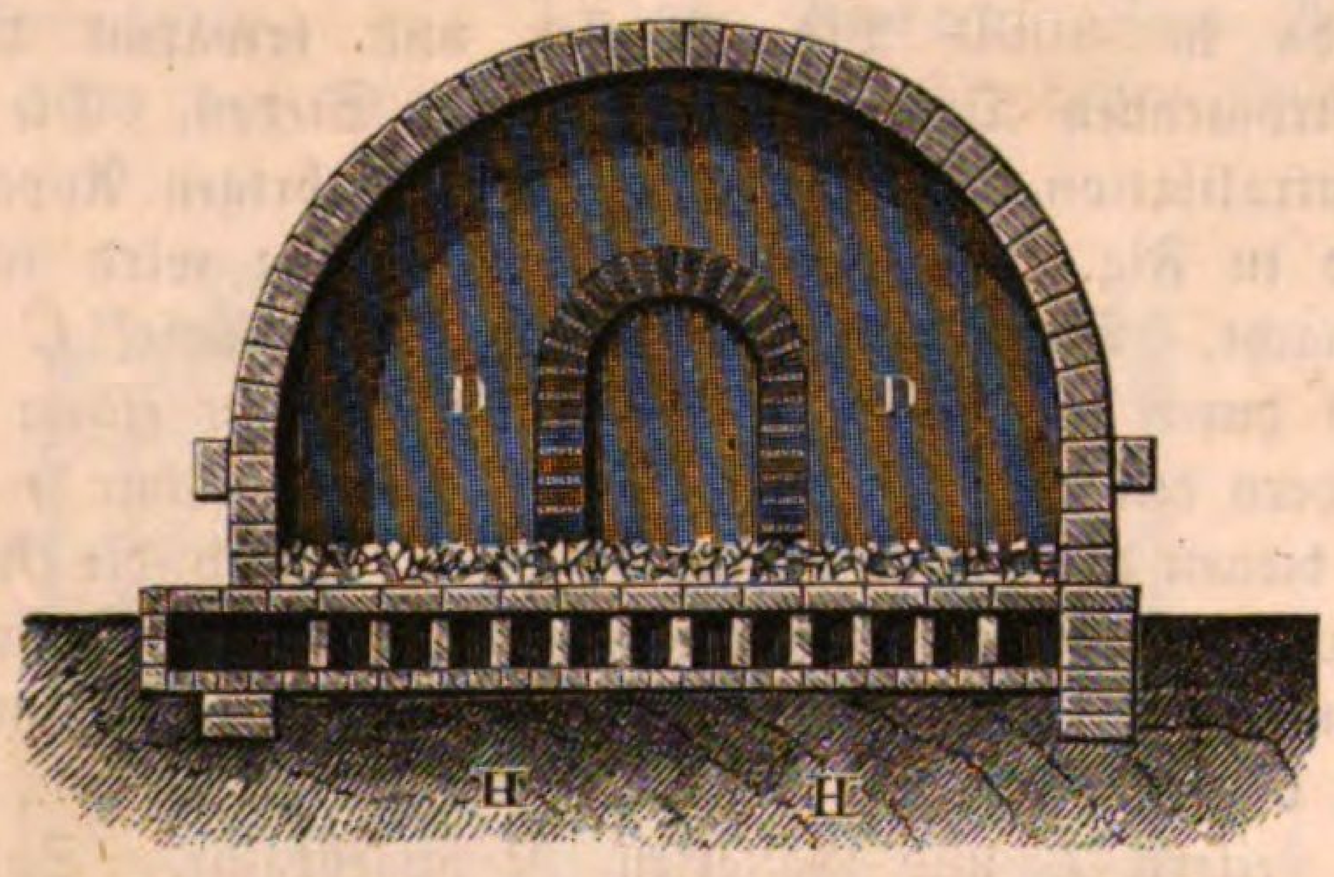
Nach beendigter Krystallisation läßt man die Mutterlauge aus den Krystallisirgefäßen *A* (Fig. 278) in die

Fig. 278.



daneben stehenden Bottiche *B* ab und bringt die schuppenförmigen Krystalle in Körbe *G*, um die noch anhaftende Lauge abtropfen zu lassen. Von dort werden sie in den Trockenofen *D* (Fig. 279), der ebenfalls durch darunter

Fig. 279.



circulirende Dämpfe erwärmt wird, gebracht, wo sie so lange verweilen, bis sie keine Feuchtigkeit mehr abgeben. Sie sind dann für den Verkauf fertig.

In den sieben verschiedenen Fabriken sind 400 Abdampfpfannen von je 10 Fuß Oberfläche, außerdem verschiedene Pfannen von 300 Fuß Länge, die aber durch Scheidewände in viele Abtheilungen gebracht sind. Die verdünnte Lösung strömt an dem einen Ende ununterbrochen ein, verdampft in dem Maße, wie sie weiter geht, und fließt endlich am entgegengesetzten Ende in krystallisationsfähigem Zustande ab.

Die Größe der Lagunen richtet sich ganz nach der Beschaffenheit des Terrains. Sie sind meistens rund oder oval und haben einen Durchmesser, der von 12 bis 60 Fuß variirt. Ihre Tiefe beträgt 5 bis 8 Fuß. Die Flüssigkeit in den Lagunen hat eine Temperatur von 90 bis 95°.

Die rohe Borsäure ist niemals rein, ihre Qualität soll sich sogar von Jahr zu Jahr verschlechtern. Sie besteht nach einer Analyse von **Wittstein** aus:

Krystallisirte Borsäure	76,494
Wasser	6,557
Schwefelsäure	1,322
Kieselsäure	1,200
Schwefelsaures Ammoniak	8,508
„ Manganoxydul	Spuren
„ Magnesia	2,632
„ Kalk	1,018
„ Natron	0,917
„ Kali	0,369
„ Eisenoxyd	0,365
„ Thonerde	0,320
Chlorammonium	0,298
Organische Substanzen	Spuren
	100,000

Die Mutterlauge, welche bei der Krystallisation der Borsäure zurückbleibt, enthält nach Analysen von **Schmidt**, zu denen das Material 1) im Jahre 1850, 2) 1855 gesammelt wurde, folgende Bestandtheile:

	1.	2.
Specifisches Gewicht	1,0987	1,1046
Schwefelsaures Ammoniumoxyd	5,328	9,667
Schwefelsaure Magnesia	4,116	1,843
Schwefelsaurer Kalk	0,160	0,102
Schwefelsaures Kali	1,086	0,419
Schwefelsaures Natron	0,266	0,515
Chlorammonium	0,178	0,109
Ammoniumoxyd	0,159	0,614
Eisenoxyd und Thonerde	0,019	0,011
Borsäure ($BO_3 . 3\,HO$)	3,111	5,488
Wasser	84,577	81,233
	100,000	100,000

Die Ausbeute an Borsäure beträgt jetzt durchschnittlich 4 Millionen Pfund jährlich. Die ganze Quantität wird zur Darstellung von Borax verwandt, da sie außer dieser keine weitere Anwendung hat.

Zweifach borsaures Natron — Borax. Der Name Borax stammt aus der arabischen Sprache und ist von Baurach, welches dem Nitrum der Griechen und Römer entspricht, abzuleiten. Ein Theil des Borax wird auf industriellem Wege erzeugt, ein anderer, aber der kleinere Theil wird von der Natur geliefert. Er findet sich in manchen Mineralwassern, z. B. in dem von San Restituta, in Seen in Thibet und Persien und an manchen anderen Orten.

Der reine Borax krystallisirt in schiefen, geschobenen Prismen, löst sich in ungefähr 12 Th. kalten und 2 Th. heißen Wassers. Beim Erhitzen verliert er sein Krystallwasser, schwillt auf und bildet eine poröse, undurchsichtige Masse — calcinirter Borax —, die bei Rothglühhitze zu einem zähflüssigen Glase schmilzt. Der wasserfreie Borax absorbirt Feuchtigkeit und verliert dann durch eine theilweise Krystallisation seine Durchsichtigkeit.

Der wasserfreie Borax besteht aus:

	Atomgewicht.	Procentgehalt.
1 Aeq. Natron......	31	30,69
2 „ Borsäure	70	69,31
1 Aeq. zweifach borsaures Natron.....	101	100,00

Der gewöhnliche prismatische Borax besteht aus:

	Atomgewicht.	Procentgehalt.
1 Aeq. Natron......	31	16,23
2 „ Borsäure	70	36,64
10 „ Wasser	90	47,13
1 Aeq. kryst. Borax..	191	100,00

Außerdem giebt es noch einen anderen Borax, der nur halb so viel Wasser enthält wie dieser. Er krystallisirt in Oktaedern und hat nach Payen folgende procentische Zusammensetzung:

	Atomgewicht.	Procentgehalt.
1 Aeq. wasserfreier Borax	101	69,18
5 „ Wasser	45	30,82
1 Aeq. oktaedrischer Borax	146	100,00

Der Borax wird, wie wir schon unter Borsäure gesehen haben, von den meisten Säuren zersetzt. Er schmeckt und reagirt schwach alkalisch. Seine Anwendungen sind dieselben, wie die der Borsäure, zum Löthen, zu Glasflüssen, zu Emails. Im Laboratorium gebraucht man ihn als Reagens zur Erkennung der Metalle mittelst des Löthrohrs. Er giebt mit Kupferoxyd grüne, mit Kobalt blaue, mit Chromoxyd grüne, mit Mangan amethystfarbige Perlen.

Der natürliche Borax kommt ausschließlich von Indien und China nach Europa; er ist aber niemals rein, sondern muß vor dem Gebrauch raffinirt werden. Er bildet gewöhnlich kleine Krystalle von grünlich-blauer bis gelber Farbe, die mit einer fettigen Substanz überzogen sind, und wird in diesem Zustande Tinkal genannt. Früher wurde der Tinkal nur in Venedig raffinirt und erhielt dann den Namen „venetianischer Borax". Später wurde dieser Industriezweig aber nach Holland verpflanzt und gelangte von dort nach Frankreich und anderen Ländern. Die erste Operation besteht in der Entfernung der fettigen Substanz, die eine Art Seife zu sein scheint. Dieses wird entweder dadurch bewirkt, daß man die Krystalle mit Kalkmilch behandelt, wodurch die Fette unlöslich werden, oder indem man sie mit verdünnter Natronlauge wäscht, um die Seife in Lösung zu bringen, die dann leicht durch Abspülen mit Wasser zu entfernen ist. Die Krystalle werden in siedendem Wasser gelöst und mit 12 Procent ihres Gewichts krystallisirter Soda vermischt. Die Flüssigkeit bringt man auf ein specifisches Gewicht von 1,200 (25° B.), filtrirt vom Niederschlage ab und läßt sie in conischen, mit Blei ausgeschlagenen Bottichen krystallisiren. Der aus dem Tinkal dargestellte Borax hat vor dem gewöhnlichen einen Vortheil, der beim Löthen sehr zu berücksichtigen ist. Dieser besteht darin, daß er fester ist und beim Erhitzen ruhig schmilzt, während der andere leicht zerbröckelt und bei der Berührung mit dem heißen Metall umherspritzt. Diese Eigenschaft scheint ihm von einem kleinen Gehalt der fettigen Substanz ertheilt zu werden; denn wenn man dem künstlichen Borax bei der Krystallisation etwas Tinkal zusetzt und sehr langsam erkalten läßt, so liefert er ein Product, welches dem natürlichen in keiner Weise nachsteht. Der Borax hat eine sehr große Attraction für die organische Substanz; denn es gelingt kaum, selbst bei wiederholten Krystallisationen, ihre letzten Spuren zu entfernen.

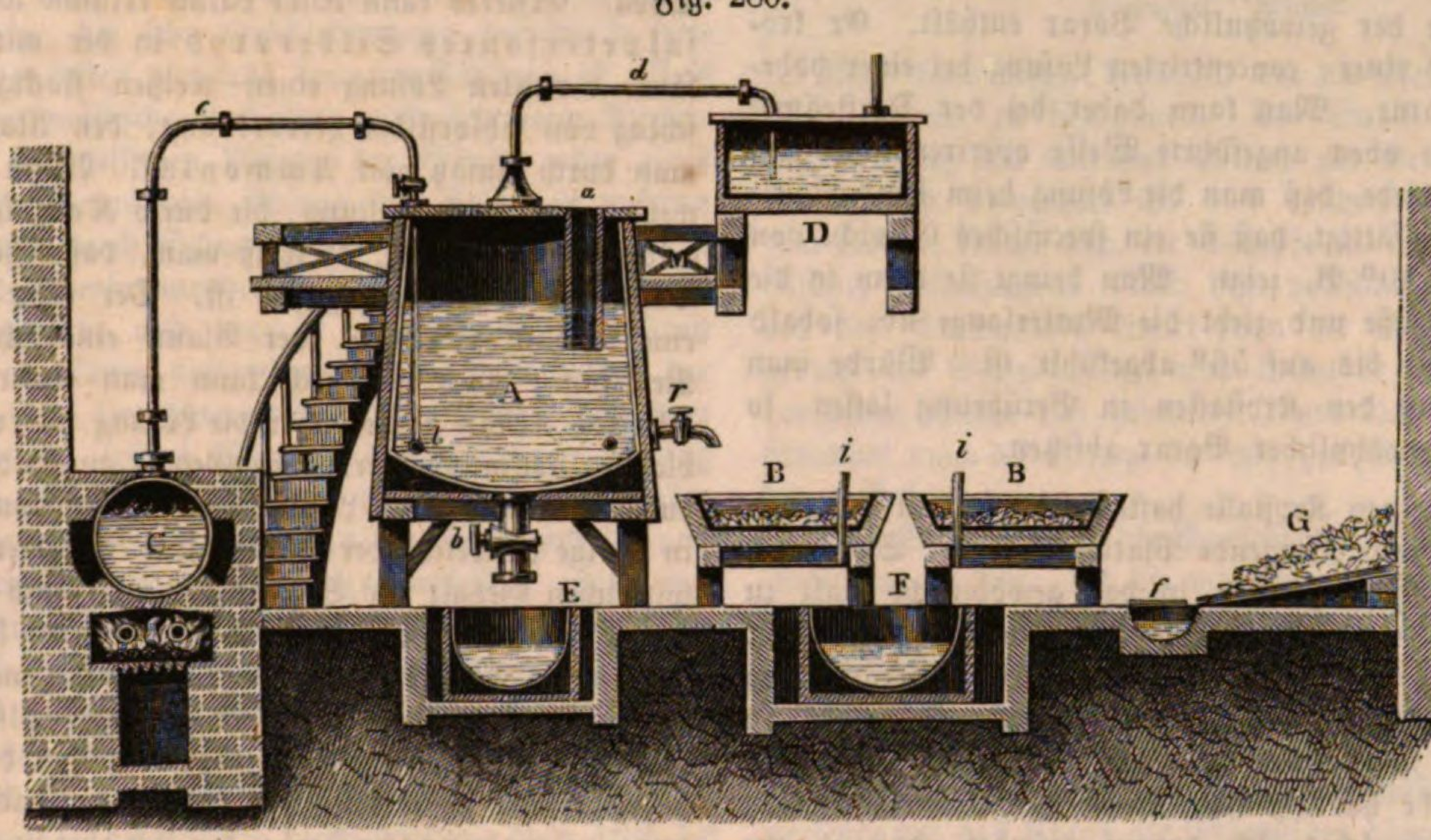
Der bei weitem größere Theil des Borax wird jedoch künstlich dargestellt, wozu die toscanische Borsäure das Rohmaterial liefert. Die fabrikmäßige Verarbeitung derselben wurde in Frankreich zuerst von Cartier und Payen eingeführt. Sie besteht in der Neutralisation der in heißem Wasser vertheilten Säure mit kohlensaurem Natron und Krystallisation des Borax. So einfach diese Operation zu sein scheint, so hatte man doch anfangs mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen, da es sehr schwer war, Krystalle von der nöthigen Festigkeit und Größe zu erhalten, welches jedoch durch Anwendung von großen Mengen von Flüssigkeit und sehr allmälige Abkühlung, also langsame Krystallisation überwunden wurde. Bald zeigte sich aber ein anderes Hinderniß, welches man nicht vermuthet hatte, und auf welches wir absichtlich hinweisen, da es zeigt, wie das richtige Urtheil häufig von eingewurzelter falscher Meinung irre geleitet wird. Im Handel war man daran gewöhnt, den holländischen Borax in kleinen Krystallen mit abgerundeten Ecken zu erhalten, und verwarf daher die schönen scharfkantigen Krystalle der neuen Fabrik. Man sah sich daher genöthigt, den Borax vor der Versendung in Fässer zu bringen, durch die eine Welle ging, um welche das Faß gedreht wurde, um die Krystalle zu zertrümmern und die holländische Verpackung auf das Genaueste nachzuahmen. Diese Vorsichtsmaßregeln sind heute in diesem Artikel unnöthig geworden, andere Fabrikanten haben aber noch täglich gegen ähnliche Vorurtheile zu kämpfen!

In einem großen, hölzernen Gefäß, welches mit Blei ausgeschlagen ist und durch einströmenden Dampf erwärmt werden kann, löst man 26 Ctnr. krystallisirte Soda in 3000 Pfd. Wasser und erwärmt durch einströmenden Dampf allmälig zum Sieden. Die zur Neutralisation dienenden Bottiche und übrigen Apparate sind in Fig. 280 dargestellt, die Lösung wird in *A* gemacht. Der Dampf kommt von dem Kessel *C* und geht durch die Röhre *c*, die am Boden in einem mit Löchern durchbohrten Ringe endet. Zwei Hähne, *r* und *b*, dienen dazu, um *A* zu entleeren. Durch die Röhre *a* werden die Materialien eingeführt; ihre obere Oeffnung kann durch einen Deckel verschlossen werden. Um an den oberen Theil des Bottichs gelangen zu können, sind die Leitern *L* und Gallerien *M* angebracht. Sobald alle Soda gelöst ist, fügt man Borsäure in Quantitäten von nicht mehr als 8 bis 10 Pfund hinzu. Das kohlensaure Natron wird dann sogleich zersetzt, Kohlensäure unter Aufbrausen entwickelt und Borax gebildet. Wenn man zu viel Säure auf einmal hinzufügt, so entsteht ein so heftiges Aufschäumen, daß ein Theil der Flüssigkeit aus dem Apparate geschleudert wird. Außer der Kohlensäure entweicht stets etwas kohlensaures Ammoniak, dessen Basis von den Ammoniaksalzen, welche die Borsäure begleiten, herrührt. Um dieses zu gewinnen, ist am Deckel des Bottichs ein Ableitungsrohr *d* angebracht,

durch welches die Gase in ein mit Schwefelsäure gefülltes Gefäß D gelangen, wo jede Spur Ammoniak als schwefelsaures Salz zurückbleibt. Zur Sättigung der obigen Menge Soda sind ungefähr 24 Ctnr. rohe Borsäure erforderlich; die Lauge muß dann bei Siedhitze 21 bis 22° B. zeigen.

Sobald diese Concentration erreicht ist, sperrt man die Dämpfe ab und überläßt die Flüssigkeit 12 Stun-

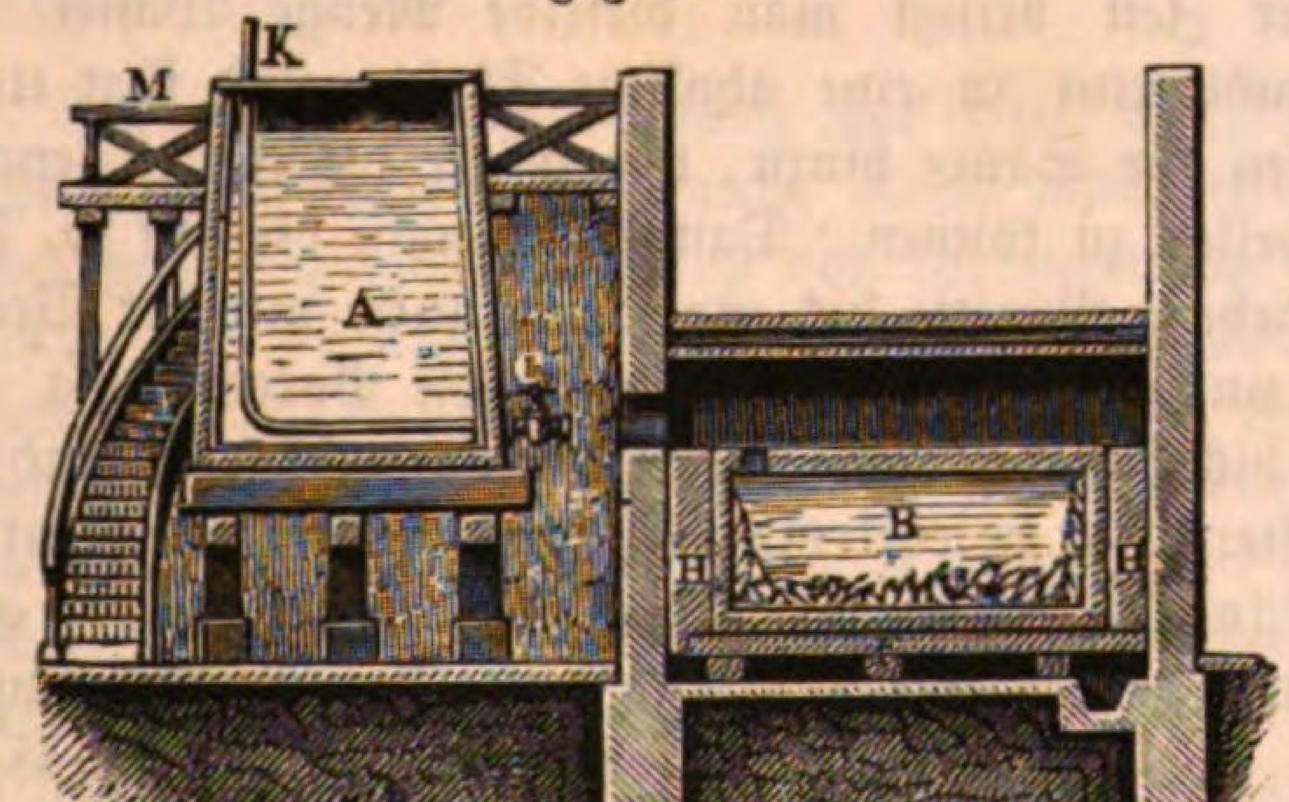
Fig. 280.



den lang der Ruhe, um den Unreinigkeiten Zeit zum Absetzen zu geben. Die klare Lauge wird dann durch den Hahn r in die Krystallisirschiffe B und der Bodensatz durch b in den Bottich E abgelassen. Nach dem Erkalten öffnet man die bleiernen Zapfen i, die Mutterlauge wird in dem gemeinschaftlichen Bassin F aufgefangen und die Krystalle auf die schiefe Ebene G gebracht, um den Rest der Mutterlauge, die in dem Canal f gesammelt wird, abziehen zu lassen. Auf diese Weise erhält man den Borax in kleinen brüchigen Prismen, die noch einmal wieder aufgelöst und umkrystallisirt werden müssen.

Reinigung des rohen Borax. Zum Auflösen dient der Bottich A (Fig. 281), dessen Inhalt

Fig. 281.



durch Wasserdämpfe mittelst des Rohres K erhitzt werden kann. Diesen füllt man zu $^3/_4$ mit Wasser, macht dieses siedend heiß und hängt dann den Borax in einem Korbe von durchlöchertem Eisenblech eben unter die Oberfläche der Flüssigkeit. Man bringt, sobald die Krystalle gelöst sind, eine neue Quantität hinein, wobei man aber stets auf je 100 Th. Borax 5 Th. krystallisirte Soda hinzufügt, bis die Lauge 22° B. zeigt. Dann stellt man den Dampf ab und läßt die Flüssigkeit sich klären, um sie nach einiger Zeit durch den Hahn C und eine Rinne in das Krystallisirgefäß B abfließen zu lassen. Um jeden Verlust durch Verschüttung zu vermeiden, ist unter B ein wasserdichtes, geneigtes Pflaster angebracht, von dem die Lösung in den Canal F abfließt. Die Krystallisationsgefäße sind große hölzerne Behälter, mit Blei ausgeschlagen, von 5 bis 6 Fuß Tiefe und 8 Fuß Durchmesser. Sie stehen in einem Raume, dessen Wände in geringer Entfernung von ihnen sind. Die Zwischenräume H werden mit irgend einem schlechten Wärmeleiter ausgefüllt; sie werden außerdem mit einem aus Dielen angefertigten und mit Blei bekleideten Deckel verschlossen, damit die Abkühlung so langsam als irgend möglich vor sich gehe, was zur Bildung von großen Krystallen unbedingt erforderlich ist; außerdem gewährt diese Bedeckung den Vortheil, daß der aus der siedendheißen Flüssigkeit sich entwickelnde Dampf daran verdichtet wird und als Wasser auf die obere Schicht der Lösung zurückfließt, wodurch die Bildung von kleinen Krystallen an der Oberfläche vermieden und die Ausbildung großer Krystalle am Boden und den Wänden befördert wird, indem die kleinen sonst an der Oberfläche anschießenden Krystalle auf die am Boden befindlichen Krystalle herabfallen und dort die Ausbildung gleichmäßig großer Krystallindividuen hindern.

Die Krystallisation erfordert nach Payen je nach der Temperatur 16 bis 28 Tage. Sie wird unterbrochen, sobald die Wärme der Flüssigkeit auf 27 bis 28° herabgesunken ist. Die Mutterlauge wird dann rasch mit einem Heber abgezogen, die Krystalle mit einem Schwamme abgewischt, um den Rest der Flüssigkeit zu entfernen, und dann der Deckel wieder aufgelegt, damit die Krystalle nur ganz allmälig erkalten, da sie sonst spröde

werden würden. Nach einiger Zeit bricht man sie heraus, worauf sie nach dem Trocknen für den Markt fertig sind.

Der von Payen zuerst dargestellte oktaedrische Borax hat den Vortheil, daß er nur halb so viel Wasser, wie der gewöhnliche Borax enthält. Er krystallisirt aus einer concentrirten Lösung bei einer höheren Temperatur. Man kann daher bei der Darstellung ganz auf die oben angeführte Weise operiren, nur mit dem Unterschiede, daß man die Lösung beim Umkrystallisiren so weit sättigt, daß sie ein specifisches Gewicht von 1,260 oder 30° B. zeigt. Man bringt sie dann in die Krystallisirgefäße und zieht die Mutterlauge ab, sobald die Flüssigkeit bis auf 56° abgekühlt ist. Würde man sie länger mit den Krystallen in Berührung lassen, so würde sich gewöhnlicher Borax absetzen.

Die einzelnen Krystalle haften sehr fest an einander, so daß sie harte klingende Platten bilden. Sie haben eine große Neigung, sich in das gewöhnliche Salz zu verwandeln, denn sie nehmen in feuchter Luft, unter Verwitterung und wahrscheinlich unter Veränderung ihrer Krystallform 5 Aeq. Wasser auf. Im Uebrigen haben beide gleiche Eigenschaften.

Koehnke hat ein Patent für die Boraxfabrikation genommen, welches sich darauf gründet, daß er zur Neutralisation der Borsäure, statt kohlensauren, kaustisches Natron anwendet und die Krystallisation aus einer stark alkalischen Lösung bewirkt.

Sautter erhielt ein Patent für ein Verfahren, Borax ohne Mithülfe von Wasser darzustellen. Der Vortheil seiner Methode gründet sich darauf, eine Verbindung von denselben Eigenschaften, wie der gewöhnliche Borax, darzustellen, die sich aber mit weit geringeren Kosten erzielen läßt. Er wendet 38 Th. reine krystallisirte Borsäure in feinem Pulver an und vermischt sie innig mit 45 Th. kohlensaurem Natron. Das Gemenge der beiden Pulver wird dann 24 bis 36 Stunden einer Temperatur von 30 bis 45° ausgesetzt, wodurch die Borsäure die Kohlensäure der Soda verdrängen und borsaures Natron bilden soll. Man erhält eine körnige Masse, die alle Eigenschaften des Borax besitzt. Für manche Zwecke, bei denen es nicht darauf ankommt, ein vollkommen reines Poduct zu erhalten, kann man die gewöhnliche käufliche Borsäure anwenden. Man erhält dann aber einen Borax, der alle Verunreinigungen des Rohmaterials enthält.

Bell und Sholefields erhielten Patente auf die Gewinnung des Borax aus dem Boronatrocalcit. Sie zersetzen den darin enthaltenen borsauren Kalk entweder durch Behandlung mit Schwefelsäure, wobei die Borsäure frei wird, und neutralisiren diese, nachdem sie vom Gips getrennt ist, mit kohlensaurem Natron; oder sie behandeln das in siedendem Wasser vertheilte Mineral unmittelbar mit kohlensaurem Natron, wobei borsaures Natron und kohlensaurer Kalk gebildet wird. Zur Zersetzung mit Schwefelsäure sind auf 500 Pfd. des Boronatrocalcits 145 Pfd. concentrirte Säure, zur Zersetzung mit kohlensaurem Natron 500 Pfd. krystallisirte Soda erforderlich.

Prüfung des Borax. Die Werthbestimmung des Borax ist für den Techniker häufig von Interesse, da man gefunden hat, daß er, wenn auch nicht oft, mit anderen Substanzen verfälscht auf den Markt gebracht wird. Diese sind entweder Kochsalz, Alaun oder Soda. Ersteres kann leicht daran erkannt werden, daß salpetersaures Silberoxyd in der mit Salpetersäure versetzten Lösung einen weißen flockigen Niederschlag von Chlorsilber hervorbringt; den Alaun entdeckt man durch Zusatz von Ammoniak. Wenn dieses eine weiße, gelatinöse Fällung, die durch Kali leicht wieder gelöst wird, erzeugt, so weiß man, daß Thonerde, die Basis des Alauns, zugegen ist. Der reine Borax hat eine schwach alkalische, der Alaun eine schwach saure Reaction. Auch hierdurch kann man einen Fingerzeig erhalten. Man prüfe daher die Lösung mit rothem und blauem Lackmuspapier. Ein Gehalt an Soda giebt sich durch Aufbrausen der Lösung nach Zusatz von Salzsäure, in Folge entweichender Kohlensäure zu erkennen. Den wirklichen Gehalt an Borax kann man auch auf alkalimetrischem Wege bestimmen, sobald er keine kohlensauren oder freien Alkalien enthält. Denn wenn man zu einer Boraxauflösung nur gerade so viel Schwefelsäure hinzufügt, als erforderlich ist, die Borsäure von dem Natron abzuscheiden, so ertheilt die Lösung der Lackmustinctur nur eine weinrothe Farbe, die sich aber in Zwiebelroth umändert, sobald die Schwefelsäure im geringsten Ueberschuß vorhanden ist. 1 Aeq. Borax 191 erfordert 1 Aeq. Schwefelsäurehydrat 49 zur Zersetzung. Man stellt sich zuerst eine titrirte Säure dar, indem man 49 Grm. Vitriolöl mit so viel Wasser vermischt, daß die Flüssigkeit gerade 1 Liter ausmacht. 100 C.-C. enthalten dann also 4,9 Grm. Schwefelsäure und werden hinreichen, 19,1 Grm. chemisch reinen Borax zu neutralisiren, oder jeder Cubik-Centimeter wird einem Procent Borax entsprechen. Zuerst wägt man sich genau 19,1 Grm. des Salzes ab, wenn man gewöhnlichen Borax hat; von dem oktaedrischen nimmt man aber nur 14,6 Grm., löst es in ungefähr 150 C.-C. kochenden Wassers in einer Digerirflasche auf und fügt so viel Lackmustinctur hinzu, bis die Flüssigkeit deutlich blau erscheint. Zu gleicher Zeit bringt man dieselbe Menge Wasser und Lackmustinctur in eine ähnliche Flasche und fügt einige Tropfen der Säure hinzu, um später die Farbe genauer beurtheilen zu können. Dann füllt man die auf S. 565 beschriebene Bürette bis zum Nullpunkte mit der Probesäure und läßt so viel davon in die Boraxlösung fließen, bis die weinrothe Farbe verschwunden ist und die charakteristisch zwiebelrothe Färbung des Lackmus eintritt. Die Anzahl der verbrauchten Cubik-Centimeter giebt unmittelbar den Procentgehalt an. Wir wollen annehmen, es seien 95 C.-C. verbraucht. Da 1 C.-C. 0,049 Grm. Schwefelsäure entspricht, so enthalten 95 daher 4,655 Grm.; da 4,9 Grm. Schwefelsäure 19,1 Grm. Borax zersetzen können, so neutralisiren 4,655 Grm. Schwefelsäure 18,143 Grm. Borax, 19,1 verhalten sich zu 18,143 wie 100 zu 95.

Erkennung und Bestimmung der Borsäure.

Zur Erkennung der Borsäure dienen zwei Reactionen, welche sie von allen übrigen Säuren unterscheiden. Zu-

nächst ihr Verhalten zu dem Curcumafarbstoff. Die Lösung der Säure verwandelt die gelbe Farbe derselben in Röthlichbraun, welches namentlich hervortritt, wenn man die Lösung der reinen Säure, oder eines ihrer Salze nach Zusatz von Salzsäure auf Curcumapapier eintrocknen läßt. Es tritt dann eine röthlichbraune Färbung ein, die sehr verschieden von der durch freie Alkalien bewirkten ebenfalls braunen Färbung ist. Das zweite charakteristische Verhalten zeigt sich beim Anzünden einer weingeistigen Lösung der Säure, oder einer mit Alkohol vermischten Lösung der Salze, in welchen die Borsäure durch Schwefelsäure frei gemacht ist. Die Flamme des verbrennenden Alkohols wird dabei deutlich grün gefärbt, und zwar ist die Färbung bei kleinen Mengen der Säure vorzugsweise an den Rändern der Flamme, beim Umrühren der Flüssigkeit und nach dem Ausblasen im ersten Moment der Wiederentzündung bemerkbar. Die grüne Färbung der Flamme tritt aber nur auf, wenn die Lösung **freie** Borsäure enthält; aus diesem Grunde müssen die Salze derselben zuvor mit Schwefelsäure zersetzt sein, und besser noch mit einem Ueberschuß dieser Säure vorher erhitzt werden, um Chlormetalle zu zersetzen, deren freiwerdende Salzsäure mit dem Alkohol Chloräthyl bildet, welches eine ähnliche Färbung der Flamme bewirkt. Freie Phosphorsäure und Weinsäure verhindern die Färbung, diese tritt bei Gegenwart dieser Säuren aber auf Zusatz von concentrirter Schwefelsäure hervor. Die grüne Färbung der Flamme wird außer durch Borsäure auch durch Kupfersalze bewirkt; ehe man daher auf Borsäure untersucht, muß man sich von der Abwesenheit des Kupfers überzeugen und dieses eventuell durch Schwefelwasserstoff entfernen.

Die **quantitative** Bestimmung der Borsäure bietet viele Schwierigkeiten, indem sie keine Salze bildet, die in Wasser unlöslich genug sind, oder eine hinreichend constante Zusammensetzung haben, um hierauf eine Trennungsmethode begründen zu können. Man ist daher in den meisten Fällen gezwungen, sie indirect oder aus dem Verlust zu bestimmen, nachdem alle übrigen Stoffe nachgewiesen sind.

Hat man in einer Lösung nur freie Borsäure, so läßt sich der Gehalt bestimmen, indem man dieselbe mit einer genau gewogenen Menge von kohlensaurem Natron mischt, zur Trockne verdampft und den Rückstand glüht. Das Gewicht desselben bezeichnet die Menge des zugesetzten kohlensauren Natrons + der vorhandenen Borsäure — der durch die Borsäure ausgetriebenen Kohlensäure an. Man bestimmt daher darin die Menge der noch vorhandenen Kohlensäure, berechnet wieviel Natron in dem angewandten kohlensauren Natron enthalten ist, addirt zu diesem die Menge der direct bestimmten Kohlensäure und zieht die Summe von dem Gewicht des Rückstandes ab; die Differenz giebt die Menge der Borsäure.

Die borsauren Salze zersetzen sich, wie **Kraut** nachgewiesen hat, beim Kochen mit Salmiak geradezu in freie Borsäure, Chlormetall und Ammoniak, wobei für jedes Aequivalent mit der Borsäure verbundenen Metalls ein Aequivalent Ammoniak frei wird, nach der Formel:

$$\underbrace{NaO.2BO_3}_{\text{Borsaures Natron.}} + \underbrace{NH_4Cl}_{\text{Chlorammonium.}} = \underbrace{NaCl}_{\text{Chlornatrium.}} + \underbrace{2BO_3}_{\text{Borsäure.}} + \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser.}}$$

Man kann dieses benutzen, um die Menge der Borsäure indirect zu bestimmen. Die Substanz wird mit einer Lösung von Salmiak in dem zur Bestimmung des Ammoniaks dienenden S. 561 beschriebenen Apparat zum Kochen erhitzt und die Dämpfe in titrirter Schwefelsäure aufgefangen. Nach dem vollständigen Austreiben des Ammoniaks titrirt man die Menge der nicht gebundenen Schwefelsäure und findet so das durch die borsauren Salze frei gemachte Ammoniak und hiernach berechnet man die Menge der mit der Borsäure verbundenen Basen.

Als Beispiel mag die Analyse des Boronatrocalcits angeführt werden. Es ist, wie oben erwähnt, eine Verbindung von borsaurem Natron mit borsaurem Kalk und Wasser, gemengt mit Chlornatrium und schwefelsaurem Kalk. Durch Glühen einer bestimmten Quantität bestimmt man den Wassergehalt. Eine zweite Probe, in Salpetersäure gelöst, wird mit salpetersaurem Silber versetzt, um das Chlor als Chlorsilber abzuscheiden, nach dessen Gewicht der Kochsalzgehalt berechnet wird. Eine dritte Probe in Salzsäure gelöst dient zur Bestimmung der Schwefelsäure, die durch Chlorbaryum gefällt und als schwefelsaurer Baryt gewogen wird, um darnach den schwefelsauren Kalk zu berechnen. Eine vierte Probe wird mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure zur Trockne verdampft und bis zum Verdampfen der Schwefelsäure erhitzt, wobei die Gesammtmenge der Borsäure als Fluorbor entweicht; der Rückstand besteht aus schwefelsaurem Natron und schwefelsaurem Kalk. Dieser wird unter Zusatz von Salzsäure in Wasser gelöst, mit Ammoniak bis zur alkalischen Reaction versetzt, dann mit Essigsäure angesäuert, zum Sieden erhitzt und der Kalk mit oxalsaurem Ammoniak gefällt. Der oxalsaure Kalk wird nach dem Auswaschen und Trocknen entweder durch Glühen in kohlensauren Kalk oder besser durch Erhitzen mit Schwefelsäure in schwefelsauren Kalk verwandelt und darnach die Gesammtmenge des Kalkes berechnet, von der man den mit der Schwefelsäure verbundenen, als schwefelsauren Kalk im Boronatrocalcit vorkommenden abzieht, um die Menge des mit der Borsäure verbundenen Kalks zu finden. Endlich wird noch eine Probe, wie oben beschrieben, mit Salmiak zersetzt. Die Menge des Ammoniaks ist der Menge des Kalks und des Natrons äquivalent, zieht man daher für ein Atom des als borsaurer Kalk vorhandenen Kalks ein Atom Ammoniak ab, so ist das übrige Ammoniak dem vorhandenen Natron äquivalent und hiernach läßt sich der Natrongehalt der borsauren Salze berechnen. Addirt man dann die gefundene Menge des Wassers, des Chlornatriums, des schwefelsauren Kalks, des Kalks und des Natrons, so giebt die Summe dieser Gewichte, abgezogen von der angewandten Menge der Substanz, durch die Differenz die Menge der vorhandenen Borsäure.

Bei der Analyse borsaurer Salze muß man behufs der Bestimmung der Basen immer zuerst die Borsäure entfernen, ehe man zur Abscheidung schreitet, wie oben bei der Bestimmung des Kalks erwähnt wurde. Die leichteste und sicherste Methode besteht darin, daß man die Substanz mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure bis zum Verdampfen der überschüssig zugesetzten Schwefelsäure erhitzt, wobei alle Borsäure als Fluorbor verflüchtigt wird.

Stohmann.

Brom.

Symbol Br. Atomgewicht 80.

Brom ist einer von den Körpern, die in der Natur verbreitet, aber stets nur in sehr geringer Menge vorkommen. Es wurde 1826 zuerst von Balard in der Mutterlauge des Seewassers entdeckt und von ihm als ein einfacher Körper beschrieben. Er nannte es Muride, sein Name wurde aber bald in Brom, von *βρῶμος*, der Gestank, wegen seines charakteristischen Geruchs verwandelt. In allen seinen Eigenschaften und seinem Verhalten hat es die größte Aehnlichkeit mit dem Jod und Chlor. Es kommt in der Natur nie allein, sondern stets in Begleitung wenigstens eines dieser Elemente vor. Das Brom findet sich im Mineralreiche als Bromsilber in Mexico, welches ein Gemisch von diesem mit Chlorsilber ist. Sein Hauptvorkommen ist in den Salzquellen und im Seewasser. Seine Quantität variirt in Quellen sehr bedeutend, von kaum nachweisbaren Spuren bis zu namhaften Mengen. Die reichsten Wasser sind die der Saline Neusalzwerk bei Minden und Kreuznach. In Frankreich wird eine bedeutende Menge Brom aus dem Seewasser abgeschieden.

Die Darstellung des Broms ist sehr einfach. Sie beruht darauf, daß die Bromverbindungen durch Chlor unter Abscheidung von freiem Brom zersetzt werden. Man concentrirt das Brom zuerst so weit wie möglich in der Flüssigkeit, indem man das Seewasser oder die Salzsoole so weit verdampft, bis sämmtliches Kochsalz und auch der größte Theil der übrigen Salze durch Krystallisation daraus entfernt ist. Wenn man, wie es sehr häufig der Fall ist, in der Mutterlauge Chlor- und Brommagnesium hat, so muß man das Abdampfen zuletzt bei nicht zu starker Hitze vornehmen. Man läuft sonst Gefahr, einen großen Theil des Broms zu verlieren, da das Brommagnesium in Berührung mit Wasser und in erhöheter Temperatur sich leicht in Bromwasserstoffsäure, die mit den Wasserdämpfen entweicht, und Magnesia zersetzt. Ja, es ist schon vorgekommen, daß bei zu raschem Sieden der sämmtliche Bromgehalt verflüchtigt ist. Die concentrirte Mutterlauge wird in einer bleiernen Destillirblase mit Braunstein und Salzsäure erwärmt. Das Brom wird durch das entwickelte Chlor in Freiheit gesetzt und kann dann in einem bleiernen Kühlrohr, welches in einem Bottich mit Wasser liegt, verdichtet werden. Das Kühlrohr mündet in einem tubulirten Glaskolben, dessen Hals luftdicht mit dem Condensator verbunden ist. Von dem Tubulus führt eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre in eine mit Natronlösung gefüllte Flasche. Wenn alles Brom überdestillirt ist, nimmt man den Helm der Blase ab, läßt die erschöpfte Flüssigkeit durch einen am unteren Theile angebrachten Hahn abfließen und bringt eine neue Menge Mutterlauge, Braunstein und Salzsäure in den Apparat. Der Kolben, in welchem das Brom gesammelt wird, kann so lange unberührt liegen bleiben, bis er so voll wird, daß es nöthig wird, ihn zu entleeren. Die Luft aus dem Apparate, sowie eine geringe Menge Brombampf entweichen durch die gebogene Glasröhre und gelangen in die mit Natronlösung gefüllte Flasche, worin sämmtliches Brom verdichtet wird, indem 6 Aeq. Natriumoxyd mit 6 Aeq. Brom — 5 Aeq. Bromnatrium und 1 Aeq. bromsaures Natron bilden. Die Menge des zu gebrauchenden Braunsteins und Salzsäure richtet sich nach dem Bromgehalt der Mutterlauge, und da dieser auch sehr variirt, so läßt sich keine Regel dafür aufstellen. Man wird aber bald nach einigen Versuchen dahin gelangen, die richtigen Proportionen zu finden. Es ist immer besser, einen sehr kleinen Ueberschuß von Chlor zu haben, als wenn dieses nicht in hinreichender Quantität vorhanden ist. Denn im ersteren Falle hat man keinen Nachtheil zu fürchten; im letzteren hat man aber Verlust an Brom.

Nach einer anderen Methode scheidet man das Brom ab, indem man Chlorgas in die Flüssigkeit leitet und dabei gelinde erwärmt, um das Brom überzutreiben. Bei diesem Verfahren könnte man leicht ein chlorhaltiges Product erhalten, indem das Brom mit dem Chlor eine Verbindung eingeht. Diese Vereinigung scheint jedoch nur stattzufinden, wenn Chlorgas mit einer concentrirten Lösung von Brom in Berührung kommt, aber nicht wenn dieser Körper gleich bei seiner Ausscheidung durch Destillation aus der Flüssigkeit entfernt wird.

Mit dem Brom destillirt stets etwas Wasser über. Dieses wird von Zeit zu Zeit mechanisch von der schwereren Flüssigkeit getrennt und in den Destillationsapparat zurückgebracht, um das darin in Lösung gehaltene Brom wieder zu gewinnen.

Das so abgeschiedene Brom ist noch nicht ganz rein. Es enthält namentlich Wasser, außerdem etwas Brombblei aus den Destillationsgefäßen und eine sehr geringe Menge eines organischen Körpers, der für Bromkohlenstoff oder Bromoform angesehen ist. Er ist aber, nach Versuchen von Hermann, ein Gemenge verschiedener Substanzen. Er beginnt bei 80° zu kochen; sein Siedpunkt bleibt kei-

nen Augenblick constant, sondern steigt unter theilweiser Zersetzung der Substanz bis auf 125°. Er ist farblos, von sehr angenehmem, chloroformähnlichem Geruche und süßlichem Geschmacke. Man erhält ihn, wenn man das rohe Brom bei sehr gelinder Wärme im Wasserbade rectificirt und die Vorlage wechselt, sobald die Destillation nachläßt; dann erhitzt man das Wasser zum Sieden und erhält es auf diesem Punkte, bis nichts mehr übergeht. In dem zweiten Kolben ist dann die organische Substanz mit vielem Brom vermischt enthalten. Man behandelt sie mit Natronlösung, um das freie Brom zu entfernen, zieht die wäßrige Schicht ab, wäscht noch einige Male mit Wasser und destillirt von Neuem. Sie geht mit den Wasserdämpfen sehr leicht über und bildet dann eine wasserhelle Flüssigkeit, die durch Digestion mit Chlorcalcium entwässert werden kann. Die Entstehung dieser Substanz kann nur durch die Einwirkung von Brom auf die organischen Substanzen, als Quellsäure u. s. w. der Soole erklärt werden, da sie sich bei der Verarbeitung mancher Mutterlaugen stets bildet, obgleich diese nie mit anderen organischen Substanzen in Berührung gekommen sind.

Das Brom ist nach einmaliger Rectification bis auf seinen Wassergehalt von allen fremden Substanzen befreit. Man kann ihm diesen durch Behandlung mit Chlorcalcium entziehen. Bei der Destillation mit diesem Salze muß man das Brom in einer künstlich abgekühlten Vorlage auffangen, da man sonst durch die entweichenden Dämpfe auf das Empfindlichste belästigt werden würde. Diese Entwässerung ist aber für die meisten Zwecke ganz unnöthig. Man verwahrt sogar das Brom gewöhnlich mit einer Schicht Wasser bedeckt auf, um eine zu große Verflüchtigung zu vermeiden.

Die bei der Fabrikation gewonnenen Lösungen von Bromnatrium und bromsaurem Natron kann man entweder zur Gewinnung dieser beiden Salze benutzen oder man kann das Brom daraus abscheiden, indem man die Flüssigkeit zur Trockne verdampft, den Rückstand mit Braunstein mischt und ihn in einer kleineren Bleiblase, in der sich etwas Wasser befindet, mit Schwefelsäure zersetzt. Da die Einwirkung der Schwefelsäure auf das Salzgemenge häufig sehr heftig und plötzlich geschieht, so thut man am besten, im Deckel des Destillationsapparats eine Sicherheitsröhre, durch die man die Säure nach und nach zusetzen kann, anzubringen und immer mit dem Hinzufügen der Säure so lange zu warten, bis die Reaction vorbei ist. Zuletzt erwärmt man den Apparat, welcher sich in einem Sandbade befindet, bis die Zersetzung vollkommen zu Ende ist.

Eigenschaften. Das Brom ist bei gewöhnlicher Temperatur ein flüssiger Körper, der in großen Mengen eine braunrothe Farbe zeigt. Die Farbe ist in dünnen Lagen hyacinthroth. Es ist sehr flüchtig, verdampft bei gewöhnlicher Temperatur und bildet ein der salpetrigen Säure ähnliches Gas. Es erstarrt zwischen — 18 bis 25° zu einer gelbbraunen, brüchigen, krystallinischen Masse. Sein specifisches Gewicht ist bei 15° gleich 2,98, es siedet bei 47° und giebt ein Gas von 5,54 specifischem Gewicht.

Es ist löslich in Wasser, Alkohol und Aether. Es hat die meisten Eigenschaften des Chlors. Es zerstört organische Farben, wirkt als desinficirendes Mittel, hat denselben schädlichen Einfluß auf die Lebensorgane wie jenes Element. Es färbt die Haut braun ähnlich wie Jod, die Farbe verschwindet aber sehr bald wieder. Es hat große Affinität zu den Metallen; Eisen, Arsen, Antimon u. s. w. verbrennen in seinem Gase. Es geht außerdem Verbindungen mit Sauerstoff, Wasserstoff und den meisten Metalloiden ein. Mit Sauerstoff bildet es die Bromsäure BrO_5, mit Wasserstoff die Bromwasserstoffsäure HBr.

Die Hauptanwendung des Broms ist in der Daguerreotypie. Es dient dazu, die Empfindlichkeit der Platte zu erhöhen. Früher wandte man Jod an, um auf der Platte eine Schicht Jodsilber zu erzeugen. Man fand aber bald, daß die Bilder weit rascher erzeugt und schärfer entwickelt werden, wenn man die jodirte Platte für einige Augenblicke Bromdämpfen aussetzte. Da das Brom aber zu flüchtig ist und zu heftig auf das Metall wirken würde, so wendet man entweder eine schwache Lösung von Brom in Wasser, oder Jodbrom oder auch wohl Bromkalk an.

Erkennung und Bestimmung des Broms.

Das Brom als solches ist nicht leicht mit irgend einem anderen Körper zu verwechseln. In den meisten Fällen hat man es aber nur in so kleinen Mengen und mit so vielen anderen Salzen vermischt, daß seine Auffindung nicht so ganz einfach ist. Man thut dann am besten, die Lösung, die Soole, Seewasser oder in welcher Form es zur Untersuchung vorliegt, so weit einzudampfen, daß der größte Theil der Salze beim Erkalten oder schon in der Siedhitze abgeschieden wird. Man trennt die Krystalle von der Mutterlauge und theilt diese in zwei Hälften. Die eine Hälfte bringt man in eine Proberöhre oder einen Cylinder, leitet einige Blasen Chlorgas in die Flüssigkeit und bedeckt sie mit einer einige Linien starken Schicht Aether. Der Aether nimmt das Brom sehr leicht auf und entzieht es dem Wasser, wenn es in diesem gelöst ist. Man erkennt es daran, daß die Aetherschicht, nachdem die Flüssigkeit heftig umgeschüttelt war, gelb oder braun erscheint. Sollte man auf diese Weise keine bestimmte Andeutung erhalten, so verdampft man die zweite Hälfte der Mutterlauge im Wasserbad zur Trockne, übergießt den Rückstand mit starkem Alkohol, wodurch die Bromverbindungen gelöst werden, während die meisten übrigen Salze unlöslich zurückbleiben. Die alkoholische Flüssigkeit wird von den festen Salzen abfiltrirt, mit etwas Wasser vermischt und auf ein sehr kleines Volum verdampft, jedenfalls aber so weit, daß kein Alkohol mehr vorhanden ist. Dann prüft man mit Chlor und nimmt das freigewordene Brom mit Aether auf. Die geringsten Mengen dieses Elements können bei dieser Behandlung nicht der Entdeckung entgehen.

Bei der quantitativen Bestimmung hat man das Brom gewöhnlich von Chlor und Jod zu trennen. Das letztere wird am besten zuerst durch eine Lösung von salpetersaurem Palladiumoxydul als Palladiumjodür gefällt, welches man abfiltrirt, trocknet, glüht und aus dem Gewicht des dabei zurückbleibenden

Palladiums das Jod berechnet. Man hat dann in der Lösung noch Chlor und Brom, und zwar gewöhnlich das erstere in weit größerer Menge wie das letztere, und noch außerdem den Ueberschuß des Palladiumsalzes. Man entfernt letzteres, indem man durch die Flüssigkeit Schwefelwasserstoffgas leitet, wodurch Schwefelpalladium gefällt wird. Der in der Flüssigkeit bleibende Schwefelwasserstoff wird durch Zusatz von schwefelsaurem Eisenoxyd zerstört und der Niederschlag abfiltrirt. Die einzige Verbindung, welche sich zur Bestimmung des Broms eignet, ist das Bromsilber. Das Chlor giebt aber eine ganz analoge Verbindung, die sich zu den Reagentien fast ebenso wie Bromsilber verhält. Es löst sich mit Leichtigkeit in Ammoniak, Bromsilber ist ebenfalls darin löslich; ist unlöslich in Salpetersäure, worin Bromsilber sich nur sehr schwer auflöst. Die Trennung ist daher nicht auf diese Weise auszuführen. Sie kann nur geschehen, indem man beide in die Silberverbindung überführt, das Gewicht des gemischten Niederschlages bestimmt und das Brom- und Chlor-Silber völlig in Chlorsilber verwandelt und dann aus der Differenz des Gewichts den Gehalt an Brom berechnet.

Die Verwandlung in Chlorsilber wird auf die Weise ausgeführt, daß man einen Theil des gewogenen Niederschlages in eine Kugelröhre bringt, deren Gewicht genau bekannt ist. Dann wägt man wieder, um so die Menge der Silberverbindung zu erfahren. Das Gemenge von Chlor- und Bromsilber wird darauf geschmolzen und ein langsamer Strom von getrocknetem Chlorgas darüber geleitet. Das Brom entweicht nur sehr allmälig. Es ist erforderlich, die Behandlung einige Stunden lang fortzusetzen. Alsdann läßt man die Kugel erkalten, verdrängt das Chlorgas, welches noch in der Röhre befindlich ist, durch atmosphärische Luft und bestimmt das Gewicht. Um sich zu überzeugen, ob die Zersetzung vollständig sei, fügt man die Röhre noch einmal an den Chlorentwicklungsapparat, erhitzt die Silberverbindung wieder zum Schmelzen und behandelt sie noch eine Stunde mit Chlorgas. Ist das Gewicht nach dem Erkalten desselben wie nach dem ersten Versuch geblieben, so ist die Analyse vollendet.

Es ist schwierig, sehr genaue Resultate nach dieser Methode zu erhalten, da die Zersetzung der letzten Spuren Bromsilber bei einem so großen Ueberschuß von Chlorsilber nur langsam von Statten geht. Es war daher eine wesentliche Verbesserung, als Fehling nachwies, daß die ganze Menge des Bromsilbers gefällt werde, ehe eine bedeutende Menge Chlorsilber niedergeschlagen wird. Man kann daher das Brom völlig entfernen, den Niederschlag abfiltriren, wie oben mit Chlor behandeln, und dann im Filtrat den Rest des Chlors mit salpetersaurem Silberoxyd bestimmen. Bei der großen Menge des Broms, welche im ersten Präcipitat enthalten ist, muß die Gewichtsdifferenz nach der Behandlung mit dem Chlorgas weit bedeutender sein, als wenn man die kleine Menge Brom in einer so großen Quantität Chlorsilber vertheilt hätte.

Die Berechnung des Resultats ist höchst einfach. Das Atomgewicht des Chlorsilbers ist 143,6, das des Bromsilbers 188,1, die Differenz beträgt daher 44,5. Der Gewichtsunterschied der Silberverbindung vor und nach der Behandlung mit Chlor verhält sich zu x wie 44,5 zu 80, dem Atomgewicht des Broms. Wir wollen annehmen, das ursprüngliche Gewicht des Chlor- und Bromsilbers sei 4,721 Grm. gewesen, das des Chlorsilbers 4,304 Grm., die Differenz beträgt daher 0,417 Grm.; hieraus ergiebt sich folgende Proportion:

$$44{,}5 : 80 = 0{,}417 : x = 0{,}749 \text{ Grm.}$$

Der Gehalt an Brom beträgt 0,749 Grm.; dasselbe Resultat erhält man, wenn man die Differenz mit 1,798 multiplicirt.

Eine weit einfachere und bequemere Methode ist von Mohr eingeführt. Sie unterscheidet sich dadurch, daß man die Menge des Silbers, welches man zur Präcipitation anwendet, bestimmt. Man kann dann leicht berechnen, wie viel Chlorsilber diesem entspricht, und aus dem Gewicht des Brom- und Chlorsilbers dann die Menge des Broms ableiten. Mohr beschreibt sein Verfahren folgendermaßen: Nachdem man das Silber in derjenigen Menge abgewogen hat, daß es in jedem Falle hinreicht, den ganzen Bromgehalt und noch etwas vom Chlorgehalt zu fällen, bringt man es in eine Kochflasche, löst es in verdünnter Salpetersäure auf und fügt dann die bromhaltige Flüssigkeit hinzu. Man läßt das Ganze 24 Stunden unter öfterem Umrütteln stehen und bestimmt dann das Gewicht des Niederschlages. Man kann dieses ohne Filtration thun. Da die Silberniederschläge sich leicht und vollständig absetzen, so decantire ich die Flüssigkeit oder ziehe sie mit einem Heber ab. Vom Silberniederschlage schwimmen kleine Theilchen auf der Oberfläche. Die Masse liegt fest am Boden. Man hat also mit dem Heber nur die Mittelschicht herauszuziehen. Nach wenigen Operationen ist das abfließende Wasser ganz rein. Man trocknet nun den Niederschlag in der vorher gewogenen Flasche, indem man Luftwechsel durch Aussaugen oder durch einen kleinen Handblasebalg macht. Man erfährt das Gewicht des trocknen halbgeschmolzenen Niederschlages und kennt vorher das des darin enthaltenen Silbers. Aus beiden Daten berechnet man das Brom.

20 Grm. der Mutterlauge der Saline Münster vom Stein bei Kreuznach wurden mit einer frisch bereiteten Lösung von 3 Grm. reinem Silber vermischt. Der ganze Niederschlag wog 4,057 Grm. Wäre es reines Chlorsilber gewesen, so hätte es nur 3,9849 Grm. wiegen können. Der Unterschied des gemischten Niederschlages gegen das reine Chlorsilber beträgt 0,0721 Grm. und diese mit 1,798 multiplicirt geben 0,1296 Grm. Brom in obiger Quantität.

Das Chlor und Brom kann zusammen in einem Experimente bestimmt werden, wenn man zur Fällung eine titrirte Silberlösung anwendet und ganz ausfällt. Man weiß dann, wie viel Silber man angewendet hat, wie vielem Chlorsilber dieses entsprechen würde, und findet aus dem Gewicht des Niederschlages den Gehalt an Brom.

Stohmann.

Brot.

Von allen Nahrungsmitteln der Menschen ist wohl keins so wichtig wie das Brot. Es ist die tägliche Speise aller Nationen, sein Gebrauch der erste Anfang aller Civilisation. Der Anbau des Getreides fesselte die ältesten Nomadenvölker an eine feste Scholle, er gebot ihrem Umherwandern Halt und machte der ausschließlichen Ernährung durch Jagd und Fischfang ein Ende. Mit der Erlangung fester Wohnsitze war der erste Anfang zu einer geregelten staatlichen Organisation gemacht. Erst nachdem diese erreicht war, konnte des Menschen Sinn auf Höheres als auf die Befriedigung bloßer thierischer Bedürfnisse gelenkt werden. Aus dem Getreidebau erwuchs der Wohlstand ganzer Nationen, mit dem zunehmenden Wohlstande entwickelten sich die Künste und Wissenschaften. Verfolgt man die Geschichte aller Nationen, so findet man während ihres Nomadenlebens den mit ihrer Beschäftigung, und man kann wohl sagen mit ihrer Ernährungsweise, unvermeidlich verbundenen Sinn zu Raubzügen, zu Kriegen, zu Streitigkeiten. Sobald sie durch weise Männer dahin geleitet wurden, sich feste Wohnsitze zu gründen, ihr Feld zu bestellen, zog Ruhe und Frieden bei ihnen ein, die Waffen wurden ihnen Schutz gegen fremde Eindringlinge. Nicht mehr durch die Strapazen der Jagd und durch ununterbrochene Fehden aufgerieben, mehrte sich ihre Zahl bewunderungswürdig und die weiten Länder, welche früher nur Wenigen den Lebensunterhalt gewährt hatten, ernährten dann reichlich eine dicht gedrängte Bevölkerung.

Wie alt der Ackerbau ist, ist schwer zu sagen. Sein Anfang verliert sich in das graueste Alterthum. Er war den Phöniciern und früh den Juden bekannt. Die ältesten Schriften der Bibel erwähnen des Ackerbaues, beschreiben ihr Säen und Ernten, ihr Pflügen und Dreschen, erwähnen des Mahlens und Backens. Nächst jenen waren wohl die Aegypter die Ersten, bei denen der Getreidebau eine Stätte fand. Ihr von der Natur unendlich gesegnetes Land erwies sich wie kein anderes geeignet zur Getreideerzeugung, die befruchtenden Fluthen des jährlich aus seinen Grenzen tretenden Nils, das milde Klima, brachten so reiche Ernten hervor, daß bald Aegypten alle seine Nachbarländer mit Korn versorgen konnte. Von reichen Priesterkasten beherrscht und belehrt, lernten die Aegypter alle die ihnen von der Natur in so verschwenderischem Maße gewährten Vortheile zu nutzen, durch großartige Canalbauten wurden die Wassermengen gleichmäßig vertheilt und so der Segen all überall hin verbreitet. Bald wurde Aegypten die Pflanzstätte aller Wissenschaften und Künste und von hier aus verbreitete sich mit dem Schönen auch das Nutzbringende, der Ackerbau zu vielen Nationen. Höchst wahrscheinlich waren es die Aegypter Kekrops und Danaus, welche den Griechen die Segnungen des Ackerbaues brachten. Die alten Deutschen waren schon zur Zeit der römischen Invasion mit dem Anbau der Gerste und des Hafers bekannt, die Römer brachten ihnen den Spelt, der Weizen kam aus Gallien, endlich der Roggen wurde durch die von Osten eindringenden Völkerschaften, die Slaven 2c., ihnen zugeführt.

So ist denn jetzt der Getreidebau über die ganze Erde verbreitet. Alle Nationen betreiben ihn und selbst unter den wenigen noch nomadisch lebenden Stämmen der amerikanischen Wildniß wird das Bedürfniß desselben lebhaft empfunden. Es spricht sich dieses in der so oft citirten schönen Rede eines indianischen Häuptlings aus, die uns von Crèvecour überbracht ist. Dieser redet seine Genossen an:

„Seht ihr nicht, daß die Weißen von Körnern, wir aber von Fleisch leben? Daß das Fleisch mehr als dreißig Monden braucht, um heranzuwachsen, und oft selten ist? Und daß jedes dieser wunderbaren Körner, die sie in die Erde streuen, ihnen mehr als hundertfältig zurückgegeben wird? Daß das Fleisch, von dem wir leben, vier Beine hat, um fortzulaufen, daß wir aber nur zwei haben, mit denen wir es haschen? Daß die Körner aber da, wo die weißen Männer sie hinsäen, bleiben und wachsen? Daß der Winter, der für uns die Zeit der mühsamen Jagden, für sie die Zeit der Ruhe ist? Darum haben sie so viele Kinder und leben länger als wir. Ich sage also Jedem, der mich hören will: bevor die Cedern unseres Dorfes vor Alter werden abgestorben sein und die Ahornbäume des Thales aufhören uns Zucker zu geben, wird das Geschlecht der kleinen Kornsäer das Geschlecht der Fleischesser vertilgt haben, wofern die Jäger sich nicht entschließen zu säen."

Der Ackerbau wurde überall bis vor nicht gar langer Zeit mehr oder weniger empirisch betrieben. Die einmal gemachten Erfahrungen vererbten sich vom Vater auf Sohn und Enkel. Neuerungen fanden daher schwer Eingang, Verbesserungen brachen sich nur langsam Bahn. Erst zu Anfang dieses Jahrhunderts geschah der erste Schritt zu einer Veredlung des bis dahin von den Wissenschaften so vernachlässigten Gewerbes. Forscher wie Thaer, Davy, Saussure fingen an den Ackerbau in den Bereich der Naturwissenschaften zu ziehen. Andere folgten ihnen, aber es gebührt unstreitig Liebig das unendlich große Verdienst, gezeigt zu haben, daß die Empirie aus der Landwirthschaft verdrängt werden müsse, daß die Landwirthschaft als solche eine Wissenschaft sei, zu deren Ausbau sämmtliche Naturwissenschaften mitwirken müssen. Die Nothwendigkeit einer solchen Wandlung ist allgemein anerkannt, das Emporblühen zahlreicher Anstalten, die sich zur einzigen Aufgabe die Hebung der Landwirthschaft durch wissenschaftliche Studien gestellt haben, das vielseitige Vertrauen, mit dem ihnen jetzt der praktische Landwirth entgegenkommt, sie beweisen am besten, wie sehr die Wissenschaft berufen ist, in das schönste und interessanteste Gebiet der Naturforschung einzugreifen.

Im Laufe dieses Jahrhunderts hat die Bevölkerung vieler Länder Europas einen außerordentlichen Zuwachs genommen, sie hat sich in manchen Ländern um die Hälfte

vermehrt, in anderen hat sie sich verdoppelt. Trotzdem findet diese so viel größere Volkszahl ihr Brot auf demselben Boden, welcher früher nur hinreichte, um die so viel geringere Menschenzahl zu ernähren. Es ist dies wohl der beste Beweis für die Förderung der Landwirthschaft. Und dieses ist wesentlich durch die Hülfe der Wissenschaft erreicht worden, welche eine bessere Nutzung des Bodens, eine systematischere Verwerthung seiner Erzeugnisse lehrte und Maschinen der mannigfachsten Verwendbarkeit erschuf. Sind auch Irrlehren aufgetaucht, ist auch Manches widerrufen worden, so ist der Sache im Großen und Ganzen doch unendlich genutzt und für die Zukunft die richtige Bahn gewiesen.

Nächst diesem erhielt die Landwirthschaft ihren größten Impuls durch verbesserte Staatseinrichtungen, durch Aufhebung der fesselnden Gebundenheit an die Scholle, durch Ablösung der gehässigen Zehnten und Frohnden, durch Begünstigung und Beförderung des wenig Nutzen schaffenden Gemeindeeigenthums durch die Verkoppelung und Zusammenlegung der zerstreuten Grundstücke.

Von allen Getreidearten haben zur Brotbereitung namentlich zwei Interesse, der Weizen und der Roggen. Von Hafer, Gerste, Mais, Reis, Bohnen u. a. wird zwar ebenfalls Brot gebacken, diese werden jedoch immer nur in einzelnen Gegenden dazu verwandt und dienen auch vorzugsweise nur als Zusatz zu anderen Getreidearten. So weit es möglich ist, wollen wir zunächst die wichtigeren Getreidearten botanisch und chemisch charakteristren.

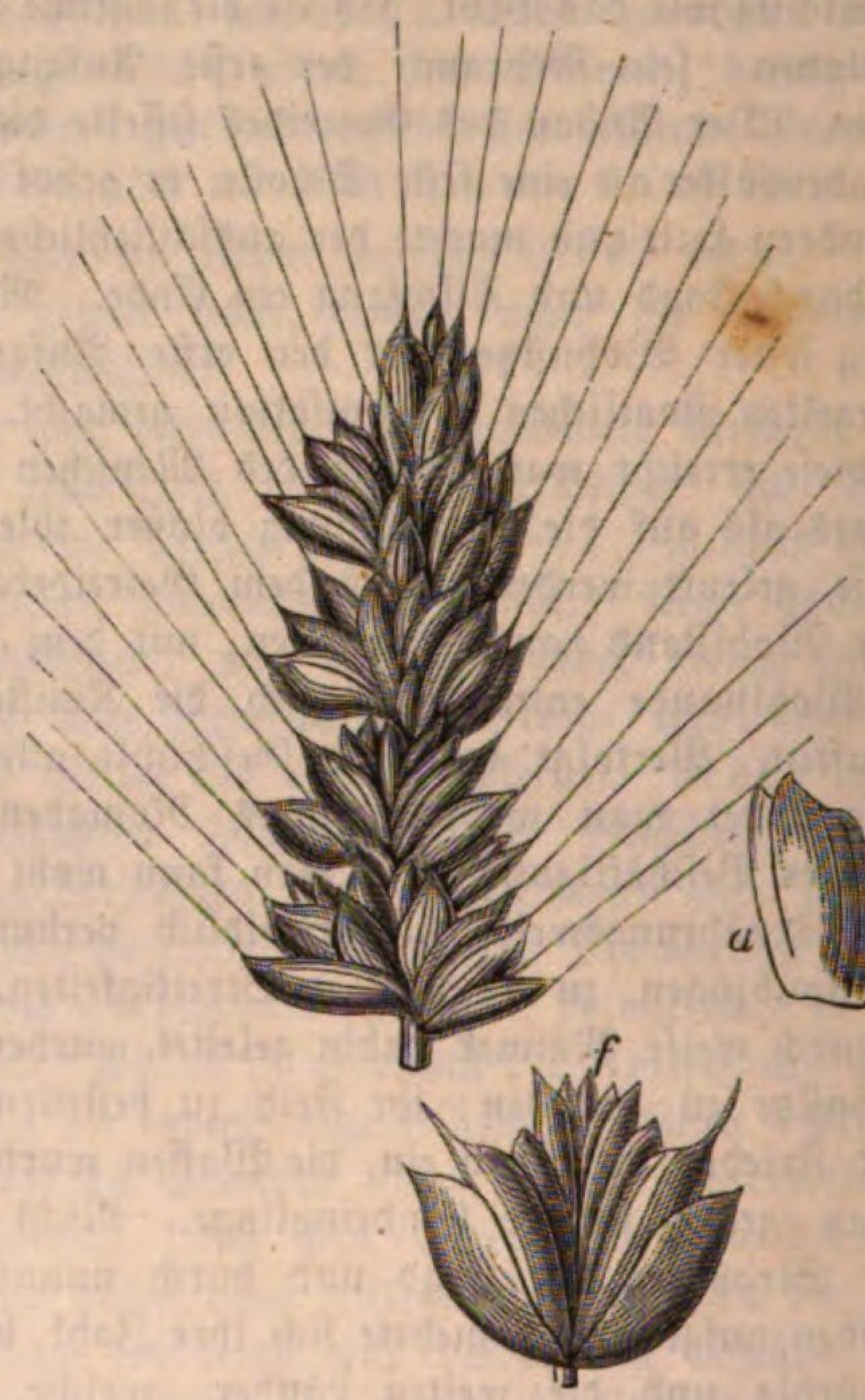
Weizen*). Der Weizen, Triticum, von dem es sehr viele verschiedene Abarten, Species, giebt, gehört zu den Gräsern und unterscheidet sich von der Gerste namentlich durch seine mehrblüthigen Grasährchen. Diese sind breit gedrückt und liegen mit der breiten Seite an der Spindel. Das Weizengeschlecht theilt sich zunächst in perennirende Weizenarten, die wir Quecken nennen, und in Sommer- oder Winterpflanzen, welche zu unseren Getreidearten gehören. Diese Culturweizen theilen sich wiederum in wahre Weizen, mit zäher Spindel und leicht aus den Spelzen gehenden Körnern, und in Spelzarten, deren Spindel spröde ist, beim Biegen der Aehre bricht, während die Körner nicht leicht aus den Spelzen gehen, sondern auf der Mühle ausgebracht werden müssen.

Die wahren oder eigentlichen Weizen umfassen vier verschiedene Species, von welchen in Deutschland gewöhnlich nur zwei in der Cultur vorkommen, sie heißen: 1) gemeiner Weizen, Triticum vulgare; 2) englischer Weizen, Triticum turgidum; 3) Glas- oder Gerstenweizen, Triticum durum; 4) polnischer Weizen, Triticum polonicum. Der gemeine und der englische Weizen sind für die Landwirthschaft bei weitem die wichtigsten Species, sie bildeten schon bei den Römern die Hauptfrucht, weshalb sie auch den Namen Triticum (von tritum das Ausgedroschene, daher so viel als Dreschfrucht) führen.

*) Die botanische Beschreibung und Charakteristik der Getreidearten ist den Arbeiten Langethal's in „Schnee's Encyklopädie der Landwirthschaft" entnommen.

Der gemeine Weizen, Triticum vulgare (Fig. 282 der obere Theil der Aehre), unterscheidet sich von dem englischen leicht, denn die Grasährchen liegen sammt ihren Spelzen, auf der breiten Seite der Aehre

Fig. 282.



wie Dachziegeln über einander, während sie beim englischen Weizen zweizeilig liegen (vergl. Fig. 283 die Aehre des englischen Weizens mit Fig. 282 der Aehre des gemeinen). Vom Glasweizen trennt man ihn eben so leicht, denn dieser hat Grannen so lang wie die Gerstenähren und heißt deshalb auch Gerstenweizen (s. Fig. 285 Aehre des Glas- oder Gerstenweizens). Uebrigens kann man alle diese drei Species auch an der Form der Klappen oder Kelchspelzen erkennen: bei T. vulgare, dem gemeinen Weizen, sind die Klappen kurz und abgestutzt (s. Fig. 282, *a*); bei T. turgidum kurz, scharfkantig und etwas stachelspitzig (s. Fig. 283, *b*); bei T. durum dünn, dreimal so lang als breit und langstachelspitzig (s. Fig. 285, *d*). Mit Triticum polonicum (s. Fig. 286, *e*) ist nicht leicht eine Verwechselung möglich. Schließlich ist noch zu merken, daß Triticum turgidum und durum in allen Varietäten begrannt vorkommen, selbst die Abart des Triticum turgidum, die wir Wunderweizen oder Pyramidenweizen nennen und welche durch Gestalt der Aehre ganz eigenthümlich ist, hat gewöhnlich Grannenspitzchen oder auch Grannen; dagegen führen gerade die Hauptvarietäten des gemeinen Weizens gar keine Grannen und diese sind also in sofern schon dadurch von Triticum turgidum und durum verschieden.

A. Der gemeine Weizen, Triticum vulgare, ist bei uns die allgemein herrschende Frucht, findet sich aber in 4 Unterarten und vielen Varietäten, nämlich:

I. Grannenweizen, Triticum vulgare aristatum. Die Aehren sind wie gewöhnlich gebaut, das heißt, nicht kurz und gedrungen, die Körner haben eben-

falls die gewöhnliche Form, die Aehren sind aber stets begrannt (s. Fig. 282).

Sommerfrüchte:

1) Glatter, weißer Sommerweizen, mit haarlosen Spelzen. Die gemeine Sommerfrucht und als Spielart das Material zum Flechtstroh.

2) Sammetiger, weißer Sommerweizen, mit feinhaarigen Spelzen. Er kommt sehr selten vor.

Wechselfrüchte:

3) Rother, glatter Wechselweizen, mit glatten, braunrothen Spelzen, selten als Sommerfrucht, meist als Winterfrucht angebaut.

Winterfrüchte:

4) Brauner, glatter Weizen, Fuchsweizen, mit braunen, haarlosen Spelzen. Er wird sehr häufig im Thonboden, besonders im strengen Thonmergel gebaut.

5) Brauner, sammetiger Weizen, mit braunen feinhaarigen Spelzen, kommt häufig als Gemenge mit dem vorigen vor.

6) Schwarzer Weizen, mit schwarzen haarlosen Spelzen. Er ist selten.

Der Fuchsweizen ist in vielen Gegenden, besonders in Thüringen, auf mageren und rauher gelegenen Aeckern eine beliebte Frucht, denn er ist weniger als der grannenlose Weizen empfindlich und den Krankheiten wenig ausgesetzt, liefert ein feines Mehl, hat aber ein dickspelziges Korn. In Norddeutschland baut man dagegen den braunrothen Grannenweizen nicht selten; der schwarze Grannenweizen hat eine sehr schöne Aehre, liefert aber ein sehr dickspelziges, wiewohl feinmehliges Korn.

II. Kolbenweizen, Triticum vulgare muticum. Die Aehren sind weder kurz, noch gedrungen und stets grannenlos, die Körner haben die gewöhnliche Form. Diese Unterart enthält unsere wichtigsten Weizensorten, welche sämmtlich zum Wintergetreide gehören, es sind:

7) Der braune, glatte Kolbenweizen oder der gemeine Winterweizen, Dessauer Weizen und Aarweizen genannt. Er ist in Süd- und Mitteldeutschland unsere Haupt- und allgemeinste Art.

8) Der goldgelbe, glatte Kolbenweizen, auch Goldweizen, ebenfalls gemein, doch mehr in sandartigen Gegenden. Er wird, gleich dem vorigen, sehr geschätzt.

9) Der sammetige, braune Kolbenweizen, welcher sich bei uns nur als Gemenge unter dem glatten braunen findet, aber in England als Preisweizen vorkommt. Als solcher hat er sehr schöne Aehren.

10) Der Weißweizen von Palma, auch von Montpellier oder von Italien genannt, mit weißen, glatten Spelzen und weißen, dicken, höchst mehlreichen Körnern. Er geht bei uns bald zurück, muß öfters mit neuem Samen aufgefrischt werden, ist sehr empfindlich, verlangt einen gewählten Boden, verträgt kein rauhes Bergklima und ist den Krankheiten am meisten von allen Weizensorten ausgesetzt. Jedoch ist ausgemacht, daß er unter allen Weizensorten die schönsten Körner liefert, wenn man neu bezogenen Samen einsäet.

11) Weißweizen von Talavera, auch Weißweizen schlechthin genannt, ganz so gestaltet wie der vorige, nur sind die Körner gelblich und mehr länglich. In milder Lage und in gutem, mildem Erdreiche ist er sehr zu empfehlen, denn er ist weniger zärtlich als der vorige, geht weniger schnell zurück und liefert ein schönes mehlreiches Korn, was immer höher im Preise wie der gemeine Kolbenweizen steht. Indessen wird er leichter von Rost und Brand befallen als jener. Man baut ihn in vielen Gegenden an.

12) Weißer sammetspelziger Weizen, böhmischer oder auch Moosweizen genannt. Er kommt in Güte und Mehlreichthum nach dem Talaveraweizen, ist eine sehr schöne Frucht, die, wenn sie gut gerathen soll, einen Boden mit hervorstechendem Sandgehalt haben muß, dem aber die gehörige Bindigkeit nicht mangeln darf. Er geht nicht zurück, ist auch dem Brande nicht so sehr wie der vorige ausgesetzt, wohl aber dem Roste. Auch darf seine Ernte nicht in lang anhaltendes Regenwetter fallen, sonst wächst er leichter als der gemeine Weizen aus.

III. Igelweizen, Triticum vulgare erinaceum. Die Aehren sind wie bei Nr. 1 begrannt, doch kürzer und die Grasährchen sind gedrungener, so daß die Grannen sich mehr ausspreizen, weshalb er eben den Namen Igelweizen erhalten hat. Die Körner sind kürzer und etwas dicker. Man hat hiervon eine Sommerfrucht und eine Winterfrucht. Die Sommerfrucht ist dem gemeinen Sommerweizen vorzuziehen, denn sie liefert gehaltreichere Körner. Beide Sorten haben das Vortheilhafte, daß sie sich nicht leicht lagern, auch nicht leicht rostig werden, doch ist das Stroh steifer und fester und beim Mahlen muß man die Körner etwas stärker befeuchten.

IV. Der Bingel- oder Bickelweizen, Triticum vulgare compactum. Er ist grannenlos wie der Kolbenweizen, doch sind die Aehren kurz, dick und gedrungen. Häufig kommen auch kleine Grannenspitzen vor. Man hat eine braunspelzige und weißspelzige Art, letztere ist mehlreicher, erstere sicherer, beide liefern aber vortreffliche Aehren und Körner. Der braune ist unstreitig die beste unserer Sommerfrüchte, nur muß er guten Boden haben und darf nicht in rauhes Klima gebracht werden, wo der Sommerigelweizen besser lohnt. Der weiße kam als Preisfrucht aus England zu uns und wurde mit gutem Erfolge gebaut.

B. Der englische Weizen, Triticum turgidum, hat eine etwas breitgedrückte Aehre, an deren beiden breiteren Seiten die Grasährchen, ähnlich wie bei der zweizeiligen Gerste, in zwei Zeilen liegen (s. Fig. 283). Die Klappen oder Kelchspelzen sind dick, kurz, scharfkantig und ein wenig stachelspitzig (s. Fig. 283, *b*). Die Unterscheidung dieser Species von dem gemeinen Weizen ist schon oben beim gemeinen Weizen S. 1132 angegeben worden; vom Glasweizen, Triticum durum, unterscheidet er sich durch seine weit kürzeren Grannen und durch die Klappen, die beim Glasweizen dünn, lang und lang bestachelt sind (s. Fig. 283, *b* und Fig. 285, *d*). Der englische Weizen hat zwei Unterarten, nämlich den gemeinen (s. Fig. 283) und den Wunderweizen (s. Fig. 284), welcher an seiner verästelten Aehre sehr leicht erkannt wird.

Die bekanntesten Unterarten des gemeinen englischen Weizens sind:

a) Sommerfrüchte:
   1) der weiße glatte,
   2) der weiße sammetige;

b) Winterfrüchte:
   3) der weiße glatte,
   4) der weiße sammetige,
   5) der braune glatte,
   6) der braune sammetige,
   7) der blauliche,
   8) der blaue,
   9) der schwarze.

Von diesen werden am häufigsten die folgenden Sorten in größerem Maßstabe angebaut.

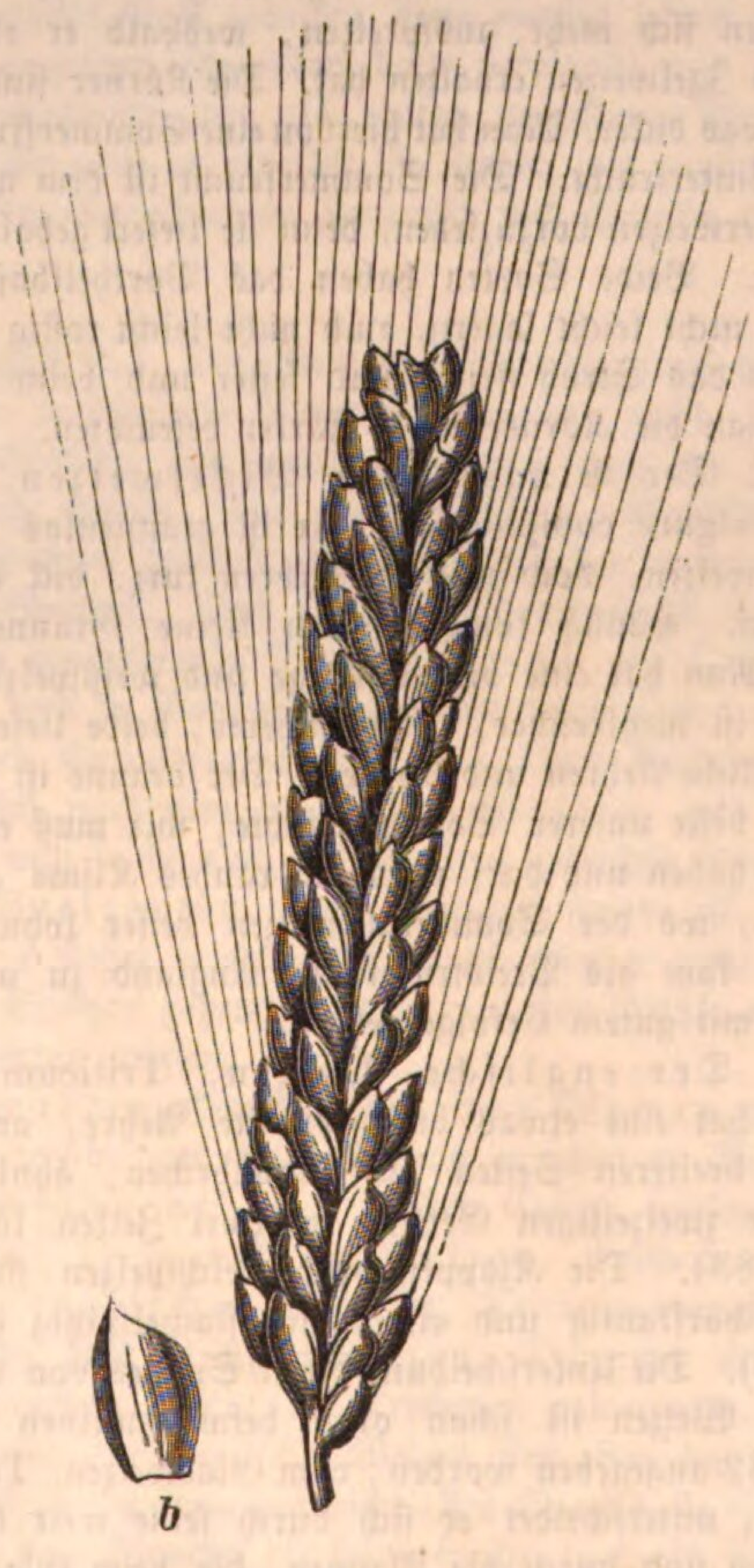
Nr. 3, der weiße glatte Winterweizen,

Nr. 5, der braune glatte Winterweizen, auch Entenschnabel genannt,

Nr. 6, der braune sammetige Winterweizen, auch Glockenweizen genannt,

Nr. 9, der schwarze Winterweizen, auch Mohrweizen genannt.

Fig. 283.



Alle diese Arten gewähren im Bestande einen sehr schönen Anblick, sind ziemlich von gleicher Güte und nur darin etwas von einander verschieden, daß die schwarzen und blauen Arten mehr als die weißen rauhes Klima vertragen können und daß die rothen und schwarzen auch in einem strengeren Boden noch gut gerathen. Die Sommerfrüchte stehen dem Igel- und Bickelweizen sehr nach, die Winterfrüchte haben aber ihre besonderen Vortheile. Ihre Halme werden höher und stärker als wie beim gemeinen Weizen, ihre Aehren länger und dicker. Dennoch liefern sie nicht mehr Ertrag, weil die Halme einzelner stehen. Sie sind der Lagerung weit weniger unterworfen als die Arten des gemeinen Weizens, bekommen nicht leicht Rost, sind häufig in Jahren vollkommen rostfrei, in welchen die Halme des gemeinen Weizens dem Roste unterliegen. Ebenso bekommen sie sehr selten den Brand und liefern ein langes Stroh. Indessen bleibt das Stroh härter und rohriger, die Aehren lassen sich schwerer dreschen, die Körner haben dickere Schalen und das Mehl läßt sich nicht so gut als das des gemeinen Winterweizens verbacken. Da, wo man Lager oder Rost sehr zu fürchten hat, ist er entschieden besser als der gemeine Weizen und er wird deshalb in tiefen Thalungen auch immer wieder aufs Neue gebaut; in flachen Gegenden aber möchte sein Anbau nur unter Umständen anzurathen sein. Uebrigens heißt er englischer Weizen, weil wir ihn von England zuerst bezogen haben und nicht etwa deshalb, weil man ihn in England vorzugsweise anbaut, denn die Engländer haben ganz dieselben Weizensorten wie wir.

Fig. 284.



Der Wunderweizen oder Riesenweizen, Reichweizen und Pyramidenweizen genannt, zeichnet sich durch seine verästelte Aehre sehr aus (Fig. 284), kommt als Sommer- und Winterfrucht vor und

erstere findet sich weiß oder rothbraun, glatt- oder sammetspelzig. Er enthält kleine Grannenspitzen und bleibt auch zuweilen völlig grannenlos. Man hat ihn für den Pyramidenweizen ausgegeben, doch war er schon dem Colerus im sechzehnten Jahrhundert bekannt, kann aber deshalb gleichwohl in den Pyramiden gefunden worden sein. Er fordert einen sehr guten Boden und reiche Bodenkraft, wenn er sich stark verästeln soll, bringt in heißen Jahrgängen weit schönere Aehren als in kühlen, und geht er in armer Lage, bei kühler Witterung in den gemeinen englischen Weizen zurück, obschon die Körner die Natur des Wunderweizens behalten und bei reicher Bodenkraft wieder verästelte Aehren hervorbringen. Ungeachtet des Lobes, das man dieser Weizenart neuerdings gezollt hat, hat er doch für die Oekonomie wenig Werth, indem er leicht auswintert und selten dichte Bestände bringt. In Körnern hat er den Werth des englischen Weizens.

C. Der Glasweizen, Triticum durum, auch Gerstenweizen und harter Weizen genannt, hat häufig fast rundliche Aehren, immer sehr lange Grannen und Klappen oder Kelchspelzen, welche dünnhäutig, dreimal länger als breit und langstachelspitzig sind (Fig. 285 die Aehre, *d* die Klappe).

Fig. 285.



Er kommt nur als Sommerfrucht, doch in zwei Unterarten vor. Von der ersten Unterart kommen folgende Varietäten vor:

1) Glasweizen mit blaulichen Aehren,

2) mit braunen Aehren und glatten Spelzen,

3) mit braunen Aehren und sammetigen Spelzen,

4) mit weißen Aehren und glatten Spelzen,

5) mit weißen Aehren und sammetigen Spelzen,

6) mit kurzen weißen Aehren.

Die Grannen kommen bei mehreren dieser Arten theils in schwarzer, theils in weißer Farbe vor, eine Eigenschaft, die jedoch nicht constant ist.

Von der zweiten Unterart, die sich merklich durch kurze, breit gedrückte und auf der breiten Seite zweizeilige Aehren unterscheidet, wird eine weißährige und rothbraunährige Art angebaut.

Beide Unterarten des Glasweizens haben mit allen ihren Varietäten, schon weil sie Sommerfrüchte sind, für uns untergeordneten Werth. Dazu kommt noch, daß sich ihr Mehl sehr schlecht verbacken läßt. Nur zu Graupen sind sie sehr anzuempfehlen, zumal sie ziemlich sicher gedeihen. In Kaukasien jedoch bilden sie die herrschende Kornfrucht; dort werden ihre Aehren viel schöner und ihre Körner weit voller. Sie sind das Material für Macaroni und werden auch in Italien sehr häufig cultivirt. Bringt man von Tiflis frisch bezogenen Samen ins Land, so erhält man auch bei uns weit bessere Frucht, die aber binnen fünf Jahren förmlich wieder zurückgeht.

D. Der polnische Weizen, Triticum polonicum, auch Gommer, wallachisches, astrachanisches und ägyptisches Korn, Doppelweizen u. s. w. genannt, hat mindestens $1/2$ Zoll lange, dünne häutige Spelzen und ist deshalb recht leicht zu erkennen (Fig. 286). Es giebt auch hier eine gemeine Form, mit rundlichen Aehren, grannenlos, grannenspitzig oder begrannt, und eine mit compacter Aehre, die kürzer,

Fig. 286.



gedrängt und gepreßt ist und deren Grasährchen an den breiten Seiten zweizeilig liegen. Alle diese Arten haben ein langes, schmales, in Form unseren Roggenkörnern ähnliches, aber weit größeres Korn, was auch ein dunkleres Weizenmehl giebt. Die Aehren sehen sehr schön aus, bleiben jedoch in unserem Klima flatterig und armkör-

nig, werden indessen kornreicher, wenn man sie im Frühjahre sehr zeitig bestellen kann, indem sie sämmtlich zu den Sommerfrüchten gehören. Für die Oekonomie sind sie in Deutschland ganz ohne Werth.

Dem eigentlichen Weizen schließen sich die Speltarten unmittelbar an.

Spelt, Spelz, Dinkel oder Dinkelweizen. Mit allen diesen Namen pflegt man im weiteren Sinne drei Weizenarten zu bezeichnen, welche den echten Weizenspecies gegenüber gestellt werden, sich von ihnen dadurch unterscheiden, daß ihre Körner in der Reife der Aehren nicht aus den Spelzen fallen und daß dann die Spindel der Aehren schon bei geringer Biegung mit Sprödigkeit abbricht. Man kann die Körner also nicht ausdreschen, sondern gewinnt nur auf der Tenne die Aehrchen, welche man Vesen (Fig. 287, *b* eine Vese) nennt und die man auf die Mühle zum Auskörnen bringt. Dazu gehört eine besondere Vorrichtung des Mahlganges und das Geschäft heißt „Auswalken“, „Schälen“ oder „Ausgerben“. Die nun gewonnenen Körner bekommen den Namen Kern oder Korn und werden in dieser Form großentheils auf den Markt gebracht. Die drei Speltspecies heißen:

1) Triticum Spelta, echter Spelz,

2) Triticum amyleum, Emmer, Amelkorn, und

3) Triticum monococcum, Einkorn, Pferdedinkel oder Blicken. In engerer Bedeutung des Wortes versteht man aber unter Spelt bloß die Species Triticum Spelta, die Zea der Alten (Fig. 287, *a* eine Aehre, *b* eine Vese, *c* ein Korn), welche schon seit dem frühesten Mittelalter Korn- und Brotfrucht in Schwaben ist. Der Spelz wird in Nieder- und Oberschwaben und in der Schweiz allgemein und in einer Ausdehnung wie bei uns der Roggen gebaut, kommt auch in Tyrol, Elsaß, Rheinland und in dem an Schwaben grenzenden Franken häufig vor, dagegen ist seine Grenze nach Altbaiern zu weit schärfer, wo der Lech Roggen- und Speltcultur ziemlich bestimmt scheidet. Von den anderen Speltarten läßt er sich leicht unterscheiden, denn seine Aehren haben vier ziemlich gleiche Seiten, während Emmer und Einkorn breitgedrückte Aehren besitzen, den Gerstenähren ähnlich erscheinen, indem die Aehrchen an den breiten Seiten zweizeilig liegen.

Fig. 287.



I. Echter Spelt. Man baut mehrere Varietäten von Triticum Spelta, die in nachstehender Uebersicht folgen:

a) Grannenspelze, Aehren mit Grannen.

1) Aehre bläulich, Wechselfrucht.

2) Aehre braun, Winterfrucht.

3) Aehre weiß, Sommerfrucht.

b) Kolbenspelze, Aehre grannenlos.

4) Aehre braun.

5) Aehre weiß.

1) Der weiße Sommerspelt oder Sommerspelz, in Würtemberg Sommerdinkel, in Oberschwaben Sommerkorn genannt, wird, wie der Sommerweizen, nur aushülfsweise gebaut und kommt mehr in Gebirgen als im niederen Lande, besonders in Tyrol und Vorarlberg, häufig vor, weil dort Winterfrüchte mißrathen. Er ist aber weit weniger ergiebig als der Winterspelz, steht als Sommerfrucht den Arten des Emmers nach, weshalb man diese ihm vorzieht. Seine Saat soll so früh als möglich geschehen, weil ihm kleine Frühlingsfröste nicht schaden und eine längere Vegetationsperiode zuträglicher ist.

2) Der bläuliche Grannenspelz, mit sammethaarigen Spelzen, kommt bei uns nicht gut als Wintergetreide, besser als Sommergetreide fort, steht den Winterfrüchten im Ertrage weit nach, hat die Sicherheit des weißen Sommerspelzes nicht, weshalb er in Deutschland nirgend im Großen auf Feldern angebaut wird.

3) Der rothe grannige Winterspelz kommt in einigen Strichen des Graichgaues, mehr aber in Oberschwaben vom Bodensee bis nach Zürich allgemein auf Feldern vor, wird dort, zum Unterschiede des grannenlosen Spelzes, rauhes Korn, gedroschen Vesen und ausgegerbt oder geschält Korn und Kern genannt. Man rühmt seine geringere Empfindlichkeit gegen ungünstige Witterung, seine geringe Neigung zu Brand und sein weißes feines Mehl, was sich sehr gut verbacken läßt; die Körner sind aber dickspelziger und weniger mehlreich. Der Anbau ist von den grannenlosen Arten nicht verschieden.

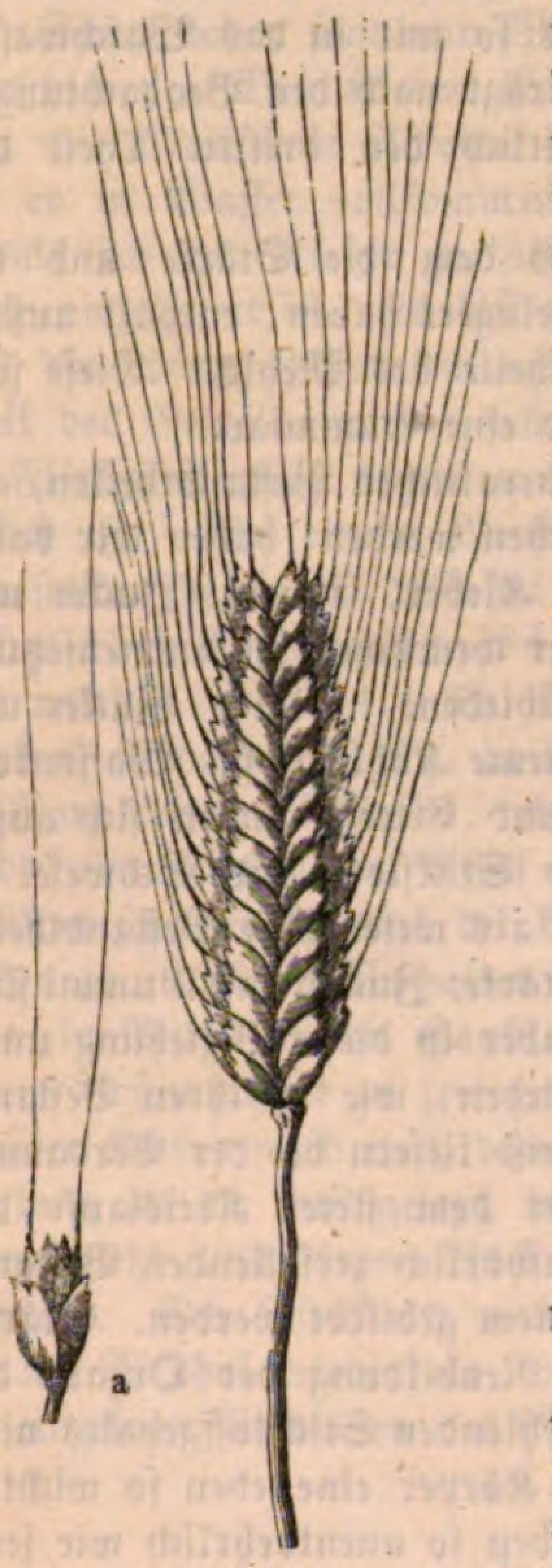
4) Rother grannenloser Winterspelz, kommt besonders in Oberschwaben als allgemeine Kornfrucht vor, heißt im Gegensatze zum Grannenspelze glattes Korn und führt in verschiedenen Gegenden noch andere Namen. Man nennt ihn im Felde auf dem Stocke: Korn, tyroler Korn, Spelz und Dinkel, ausgedroschen: Dinkel, Spelz und Vesen, ausgekörnt: Kern und Korn. Er ist unstreitig ergiebiger als Grannenspelz, sehr wenig dem Brand unterworfen, bestockt sich besser, ist gegen rauhe Witterung weniger empfindlich noch als weißer Spelz und liefert ein feineres Mehl, doch nicht die Masse des Mehles, wie der weiße Spelz.

5) Weißer grannenloser Winterspelz, ist in Schwaben die verbreitetste Art, vorzüglich in niederen Gegenden und führt dieselben Namen wie der rothe Spelz.

II. Emmer, Amelkorn, Triticum amyleum *Ser.* oder Triticum bicoccum *Schreb.*, wird auch Reisdinkel, Emmer, Ammer, Sommerspelz genannt und vorzüglich als Sommerfrucht sowohl in Schwaben, als auch im Elsaß und auf dem Hundsrück gebaut (Fig. 288). Seine Unterscheidung vom echten Spelte ist leicht, denn die Aehre ist sehr platt gedrückt und die Aehrchen liegen an den breiten Seiten derselben so regelmäßig zweizeilig, wie die Körner der zweizeiligen

Gerste, weshalb es auch mit letzterer, oberflächlich betrachtet, große Aehnlichkeit hat. Eben so einfach ist seine Unterscheidung von Triticum monococcum, dem Einkorne, welches mit dem Emmer gleichgebildete Aehren besitzt. Die Aehrchen des Emmers (Fig. 288, *a*) sind jedoch zweikörnig und deshalb auch zweigrannig, während die Aehrchen des Einkorns nur ein einziges Korn und eine einzige Granne haben, wie schon der Name sagt. Es giebt aber vom Emmer viele Spielarten.

Fig. 288.



A. Gemeiner Emmer.

a) Winterfrüchte.

1) Schwarzer, sammetiger Emmer.

2) Rother, sammetiger Emmer.

3) Weißer, dreikörniger kurzgranniger Emmer

b) Sommerfrüchte.

4) Weißer, glatter Emmer.

5) Rother, glatter Emmer.

6) Weißer, sammetiger, schwarzgranniger Emmer.

B. Dichtähriger Emmer, mit kurzen, gedrängten Aehren.

a) Sommerfrüchte.

7) Weißer, dichter Emmer, reift früh.

8) Rother, dichter Emmer, reift spät.

C. Wunderemmer, mit ästigen Aehren.

a) Winterfrüchte.

9) Rother Wunderemmer.

10) Weißer, glatter Wunderemmer.

11) Weißer, sammetiger Wunderemmer.

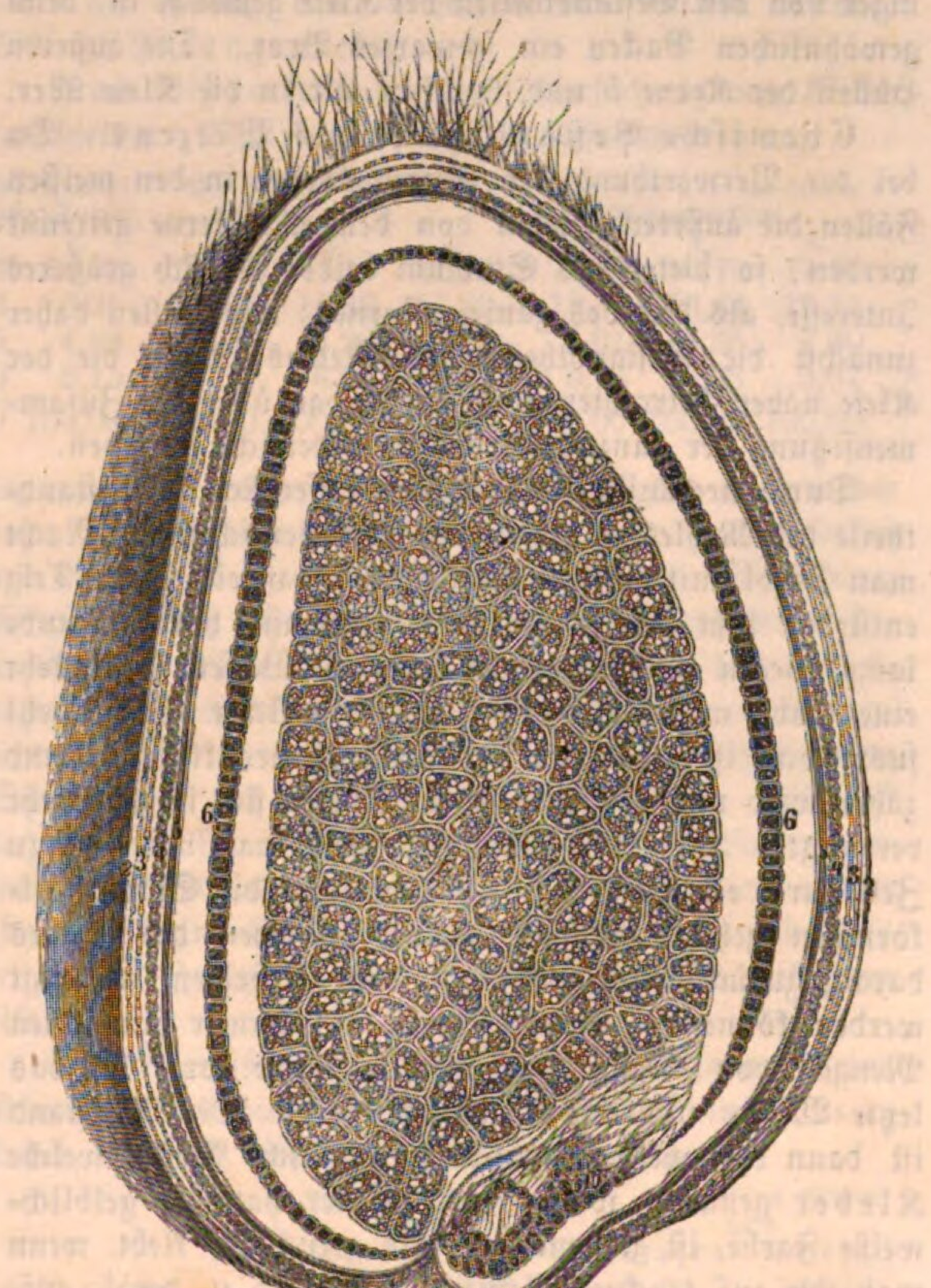
Alle Emmerarten sind, bis auf 3), begrannt, die meisten reifen wenig früher als Hafer.

III. Einkorn, Triticum monococcum, heißt in Thüringen Dinkel, in Schwaben Einkorn, am Niederrhein Blicken, und führt auch den Namen Peterskorn. Es ist wahrscheinlich eine sehr alte deutsche Frucht, doch kommt es unseres Wissens erst im sechzehnten Jahrhundert geschichtlich vor, wo es der Rheinländer Heresbach beschreibt. Durch seine plattgedrückten Aehren ist es mit dem echten Spelz nicht zu verwechseln, aber gerade dadurch wird es dem Emmer ähnlich, von welchem es sich durch einkörnige und eingrannige Aehrchen, durch kürzere und schmalere Aehren leicht unterscheiden läßt. Wir kennen keine Varietäten dieser Species; ihr Anbau ist durch die höher gestiegene Cultur bereits bis auf die schlechtesten dürren Felder verdrängt. Man baut es aber in Schwaben, im Rheinland und in Thüringen, namentlich in bergigen Ländern der Kalkgegenden, häufig, wiewohl es auch auf Sandboden fortkommt. In Thüringen sieht man es auf den flachgründigen, dürren Feldern hoher Bergebenen, wohin man keine Düngung bringen kann, und deshalb folgt es dort gewöhnlich nach reiner Brache. Die Vesen sind ein vortreffliches Pferdefutter und diese Verwendung hat auch dem Einkorne den Namen Pferdedinkel verschafft. Die Körner geben sehr wohlschmeckende Graupen, das Mehl derselben ist gelb, liefert ein bald austrocknendes, rissig werdendes Gebäck, wird deshalb nur zu Mehlspeisen verwendet. Der Strohertrag ist geringer, denn die Halme werden nur 3 Fuß hoch, auch sind sie fest und steif, geben sehr geringes Futter, lassen sich aber sehr gut zur Einstreu verwenden.

Ueber den anatomischen Bau des Weizenkornes sind in neuerer Zeit von Mège=Mouriès höchst interessante Studien angestellt, die von dem Botaniker Trécul mikroskopisch bestätigt wurden.

Es ist allgemein bekannt, daß alle Getreidekörner aus einer äußeren Hülle, welche beim Mahlen zerrissen und als Kleie entfernt wird, und aus dem Mehlkern, welcher den Keim oder Embryo umschließt, bestehen. Mège=Mouriès fand nun, daß die äußere Hülle, die er als Pericarpium bezeichnet, aus drei über einander gelagerten Schichten besteht und daß außerdem der Kern noch von zwei besonderen Hüllen umschlossen ist. Fig. 289 giebt eine vielfach vergrößerte Durchschnittszeichnung eines Weizenkorns.

Fig. 289.



Das Pericarpium oder die Fruchthülle besteht nach ihm aus folgenden drei Theilen:

1) Der äußere Theil oder die Fruchthaut, Epi=

carpium, in der Figur mit 1 und 2 bezeichnet, ist farblos und hat keine Zellen.

2) Der mittlere Theil oder die Fleischhaut, Sarcocarpium, in der Figur mit 3 bezeichnet, besteht aus gelbgefärbten Zellen.

3) Der innere Theil oder die innere Fruchthaut, Endocarpium, in der Figur mit 4 bezeichnet, aus Zellen bestehend.

Der Kern ist zunächst von der äußeren Haut, Testa, 5 umhüllt, die je nach der Varietät des Weizens mehr oder weniger gelb gefärbt ist. Sie umschließt wieder die Embryomembran, Eiweißschicht oder Perisperm 6, welche aus großen, von Stärkemehl freien Zellen gebildet wird. Innerhalb der Embryomembran liegt der Mehlkern 7, 8, 9 und der Embryo 10.

Der innerste Theil des Kernes 9 ist am weichsten und liefert beim Mahlen das feinste, weißeste Mehl, welches aber durch seinen geringen Gehalt an stickstoffhaltigen Substanzen am wenigsten nahrhaft ist. Der Theil 8, welcher den Theil 9 umschließt, ist weit härter und liefert beim ersten Beuteln des Mehles die weiße Grütze, die aber wieder vermahlen wird und nach dem Vermischen mit dem feinsten Mehle das gewöhnliche Mehl für Weißbrot bildet. Der äußerste Theil 7 des Mehlkernes ist noch härter wie der vorige, wird als graue Grütze abgesondert und giebt, da er mit mehr oder weniger von den Bestandtheilen der Kleie gemengt ist, beim gewöhnlichen Backen ein schwarzes Brot. Die äußeren Hüllen der Kerne 5 und 6 gehen mit in die Kleie über.

Chemische Bestandtheile des Weizens. Da bei der Verwerthung der Getreidekörner in den meisten Fällen die äußeren Hüllen von dem Mehlkerne getrennt werden, so bietet das Studium beider für sich größeres Interesse, als das des ganzen Kornes; wir wollen daher zunächst die Bestandtheile des Mehles, dann die der Kleie näher betrachten und daran das über die Zusammensetzung der ganzen Körner Erforderliche anreihen.

Durch mechanische Behandlung lassen sich die Bestandtheile des Mehles in zwei große Gruppen scheiden. Macht man Mehl mit so viel Wasser an, daß ein steifer Teig entsteht, läßt ihn einige Zeit, etwa eine halbe Stunde lang, liegen und knetet ihn dann in Wasser, so entsteht eine trübe milchige Flüssigkeit, in welcher Stärkemehl suspendirt ist, während der Teig immer klebriger und zäher wird und bei fortgesetztem Kneten sich immer mehr vereinigt. Die trübe Flüssigkeit gießt man von Zeit zu Zeit durch ein Seihetuch, durch welches die Stärkemehlkörnchen gehen, während kleine Theilchen des Teiges darauf zurückbleiben und mit dem Uebrigen vereinigt werden können. Dieses Kneten mit immer erneuerten Mengen von Wasser setzt man so lange fort, bis das letzte Wasser nicht mehr getrübt wird. Der Rückstand ist dann eine weiche, dehnbare, elastische Masse, welche Kleber genannt wird. Der Kleber hat eine gelblichweiße Farbe, ist geschmacklos und geruchlos, klebt, wenn man ihn auf trocknes Papier, Leinwand u. dergl. aufträgt, an diesen fest und läßt sich bei seiner hohen Dehnbarkeit zu großen dünnen Stücken ausziehen.

In dem Waschwasser, worin die Stärke vertheilt ist, ist immer noch eine gewisse Menge von Kleber enthalten, welche man leicht erkennt, nachdem die specifisch schwerere Stärke sich bei ruhigem Stehen am Boden des Gefäßes abgelagert hat. Der in feine Partikelchen zertheilte Kleber bildet dann auf der Stärke eine dünne Schicht von gelblicher Farbe, deren Aussehen sie sofort als Kleber erkennen läßt. Die Menge des so mit in das Waschwasser übergegangenen Klebers beträgt nach den Beobachtungen von v. Bibra durchschnittlich den dritten Theil des direct ausgeschiedenen.

Das Waschwasser, aus dem die Stärke und der Rest des Klebers sich abgelagert haben, enthält außerdem die löslichen Bestandtheile des Mehls. Diese sind Pflanzeneiweiß, Zucker und eine Gummiart.

Abgesehen von den mineralischen Bestandtheilen, auf die wir unten weiter eingehen werden, haben wir daher im Weizenmehle: Stärke, Kleber, Eiweiß, Zucker und Gummi. Diese sind in ihrer chemischen Zusammensetzung unter sich wieder sehr verschieden. Stärke, Zucker und Gummi enthalten die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff. Im Kleber und Eiweiß finden sich außer jenen drei Elementen noch Stickstoff und Schwefel in constantem Verhältniß und als wesentliche Bestandtheile.

Kleber und Eiweiß, Stärke, Zucker und Gummi sind die wichtigsten Nährstoffe, aber in dieser Beziehung unter sich wieder eben so verschieden, wie in ihren Bestandtheilen. Kleber und Eiweiß liefern bei der Verdauung die Stoffe, aus denen bei dem steten Kreislaufe des Lebens die stets und unaufhörlich zerfallenden Bestandtheile des Körpers von Neuem gebildet werden. Stärke, Zucker, Gummi sind zur Neubildung der Organe des Körpers wegen des ihnen fehlenden Stickstoffgehalts nicht fähig, sie haben aber im Körper eine eben so wichtige Rolle zu erfüllen, sie sind eben so unentbehrlich wie jene. Sie dienen dazu, um die dem Bestande des Körpers nöthige Wärme zu schaffen, indem sie, nach mannigfachen Metamorphosen in das Blut übergegangen und dann in der Lunge mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft in Berührung kommend, verbrannt und als Kohlensäure und Wasserdampf ausgeathmet werden.

Nach ihrer Zusammensetzung und nach ihren Functionen unterscheidet man daher zwei große Classen von Nährstoffen. Die erste, Kleber, Eiweiß ꝛc. umfassend, nennt man stickstoffhaltige Nährstoffe oder Blutbilder, die zweite, zu der Stärke, Zucker, Gummi, Fett ꝛc. gehören, stickstofffreie Nährstoffe oder Respirationsstoffe.

Betrachten wir nun die einzelnen Bestandtheile der Getreidearten und speciell des Weizens näher, wobei die neuesten classischen Untersuchungen von v. Bibra (Die Getreidearten und das Brot von v. Bibra, zweite Aufl. Nürnberg 1861) vorzugsweise zu Grunde gelegt werden mögen.

Der frische Kleber enthält durchschnittlich etwa 70 Proc. Wasser. Nach dem Trocknen stellt er eine braune, harte, ziemlich spröde, hornartige Masse dar, welche befeuchtet nur langsam Wasser aufnimmt und nie wieder dieselbe Dehnbarkeit wie vor dem Trocknen erlangt. Im feuchten Zustande aufbewahrt, wird er bald weicher, zerfließt darauf zu einer dem Gummischleim ähnlichen Substanz, die dann vollständig in Alkohol löslich ist, und geht bald in Fäulniß über, bei der sich dieselben

stinkenden Producte wie bei der Fäulniß thierischer Substanzen bilden.

Behandelt man den Kleber mit Alkohol, dem etwas Kali zugesetzt ist, so löst er sich bis auf einen sehr geringen Rückstand. Neutralisirt man diese Flüssigkeit mit einer Säure, oder fügt man Wasser hinzu, so wird nichts abgeschieden. Der Kleber ist daher durch die Behandlung mit alkalischem Alkohol so modificirt, oder zersetzt, daß er in Wasser vollkommen löslich wird. Aehnlich verhält sich der Kleber zu Alkohol, der mit Schwefelsäure angesäuert ist. Es löst sich darin der größte Theil auf, die Lösung läßt aber auf Zusatz von Wasser einen Theil des Gelösten wieder fallen, während das Meiste in der Flüssigkeit gelöst bleibt und also ebenfalls in Wasser löslich ist. Bei einem Versuche von v. Bibra mit schwefelsäurehaltigem Alkohol blieben von 100 Th. Kleber 15,1 Th. ungelöst, 84,9 Th. wurden gelöst, davon wurden aber 24,4 Th. durch Wasser wieder abgeschieden, so daß 60,5 Th. in Wasser löslich blieben.

Von reinem Alkohol, eben so wie von Essigsäure wird beim Kochen ein Theil des Klebers gelöst, beim Erkalten scheidet sich aus der klaren Flüssigkeit ein Theil wieder ab. Dieses Verhalten des Klebers zum Alkohol giebt ein Mittel an die Hand, um denselben in mehrere nähere Bestandtheile zu zerlegen.

Der Kleber wird nach dem Auswaschen einige Stunden lang an die Luft gelegt, wobei er sich bedeutend zusammenzieht und einen Theil des aufgesogenen Wassers auspreßt. Der Rückstand wird in kleine Stücke zertheilt und mit Alkohol wiederholt und längere Zeit ausgekocht. Die einzelnen Portionen des Weingeistes lassen sich meist klar abgießen; sollte die Flüssigkeit trübe sein, so filtrirt man sie durch grobes Leinen und bringt das Ungelöste in den Kolben zurück, um es von Neuem mit Alkohol auszukochen. Die alkoholische Lösung ist, so lange sie heiß ist, vollkommen klar, nach dem Erkalten trübt sie sich und setzt einen zähen Körper ab, der am Boden des Gefäßes anhaftet, während die Lösung häufig so klar wird, daß sie abgegossen werden kann. Manchmal bleibt die Flüssigkeit jedoch auch nach dem Erkalten trübe. Eine Filtration gelingt nicht, da die Poren des Filters ungemein rasch verstopft werden. Ihre Klärung gelingt dann am besten, wenn man sie so lange erhitzt, bis ein großer Theil des Alkohols verdampft ist, sie wird dann nach dem Erkalten sich genügend klären. Verdampft man dann die klare alkoholische Flüssigkeit, so erhält man den in heißem und kaltem Alkohol löslichen Theil.

Alle drei so gewonnenen Substanzen enthalten immer mehr oder weniger Fett. Um sie hiervon zu trennen, trocknet und pulvert man sie, um sie einzeln für sich mit Aether auszukochen, der das Fett leicht aufnimmt. Die ätherischen Auszüge vereinigt man und verdampft sie in einem gewogenen Gefäß zur Trockne, um das dem Kleber anhängende Fett zu bestimmen.

Man hat so nach Entfernung des Fettes den Kleber in drei verschiedene Substanzen getrennt. Das in Alkohol Unlösliche ist Pflanzenfibrin, das in heißem Alkohol Lösliche aber in kaltem Unlösliche Pflanzencasein, endlich das in heißem und kaltem Alkohol Lösliche Pflanzenleim.

Von Bibra fand bei der Untersuchung von Kleber verschiedener Mehlsorten folgende Zusammensetzung:

	Aus Kaisersmehl (feinste Sorte).				Aus Mittelmehl (geringste Sorte).		Aus feinem Speltmehl.			Aus drei anderen feinen Weizenmehlen.		
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Pflanzenfibrin	70,95	71,55	69,40	70,48	81,61	78,62	70,22	71,14	71,90	71,29	70,73	71,20
Pflanzenleim	14,40	16,00	17,57	16,92	7,54	8,35	16,53	15,36	17,20	19,56	13,64	15,43
Pflanzencasein	8,80	6,53	7,30	6,33	3,85	4,88	7,08	7,20	6,29	4,01	9,35	7,40
Fett	5,85	5,92	5,73	6,27	7,00	8,15	6,17	6,24	4,61	5,14	6,28	5,97
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Der Fibringehalt des Klebers ist daher offenbar bei den feineren Weizenmehlen ein ziemlich constanter und kann zu 70 bis 71 Proc. angenommen werden. Bei den gröberen Mehlsorten ist der Fibringehalt höher gefunden, allein dieses kann möglicherweise nur scheinbar sein, da dem groben Mehle immer mehr oder weniger Kleie beigemischt ist, welche dann bei dem Fibrin zurückbleibt. Der Gehalt an Leim und Casein ist dagegen größeren Schwankungen unterworfen und variirt in den verschiedenen Mehlsorten um mehrere Procente.

Das Pflanzenfibrin des Klebers hat folgende Eigenschaften: Im feuchten Zustande, frisch nach seiner Darstellung löst es sich zum Theil in verdünnter Salzsäure, einmal getrocknet ist es aber darin ganz unlöslich. Concentrirte Salzsäure löst auch die getrocknete Substanz leicht unter blauer Färbung der Flüssigkeit, bei der Neutralisation mit Alkalien, selbst beim Verdünnen mit Wasser wird das Fibrin wieder gefällt; in der sauren Flüssigkeit entstehen Niederschläge durch Ferrocyankalium, durch Eisenvitriol und durch Gerbsäure. Concentrirte Salpetersäure färbt es gelb, ein Theil wird dabei unter Zersetzung gelöst. Schwefelsäure färbt das trockne Pflanzenfibrin braunroth, fast schwarz, die Ränder erscheinen stark aufgequollen; in der Flüssigkeit wird weder beim Verdünnen mit Wasser, noch bei der Neutralisation mit Ammoniak eine Fällung hervorgebracht. Weinsäure, Essigsäure und Phosphorsäure lösen im verdünnten Zustande das frische Fibrin auf; zur Lösung des getrockneten ist jedoch die Anwendung dieser Säuren in concentrirter Form erforderlich. Durch Neutralisation der Säuren wird das Fibrin wieder abgeschieden. Kali löst das Fibrin, sowohl das frisch dargestellte, wie das getrocknete leicht und Säuren scheiden es unverändert wieder ab; läßt man aber die Lösung eine Zeit lang stehen, so tritt eine Zersetzung ein, wobei sich Schwefelkalium bildet.

Die procentische Zusammensetzung des Pflanzenfibrins ist mit der des thierischen Fibrins, wie es sich im Blute ꝛc. findet, identisch, wie folgende Analysen zeigen:

	Pflanzenfibrin nach v. Bibra.			Thierisches Fibrin nach Mulder.	Schurer.
Kohlenstoff	53,45 ...	53,70	......	52,7 ...	53,571
Wasserstoff	7,00 ...	6,90	......	6,9 ...	6,895
Stickstoff	15,80 ...	15,60	......	15,4 ...	15,720
Sauerstoff	22,55 ...	22,78	......	23,5	}
Schwefel	1,20 ...	1,02	......	1,2	} .. 22,814
Phosphor	— ...	—	......	0,3	}

Der Pflanzenleim ist unlöslich in Wasser, Aether, in ätherischen und fetten Oelen, aber in Alkohol sowohl in der Kälte wie in der Wärme löslich. Concentrirte Salzsäure löst ihn leicht; seine Lösung wird aber von Wasser, sowie durch Neutralisation gefällt. In Salpetersäure ist er zum Theil löslich, wird aber auf Zusatz von Wasser wieder abgeschieden. Eben so in Schwefelsäure, das Ungelöste bleibt aufgequollen zurück. Essigsäure löst ihn leicht und vollkommen, durch Neutralisation der Säure wird der Leim vollständig gefällt, durch essigsaure Bleisalze, durch Eisenvitriol wird kein Niederschlag in der sauren Flüssigkeit hervorgebracht, wohl aber durch Gerbsäure. Von Weinsäure wird er aufgenommen, ohne aber eine klare Flüssigkeit zu bilden, die von Wasser nicht weiter getrübt wird; Alkalien scheiden ihn bei der Neutralisation jedoch wieder ab. Die Alkalien, sowie Ammoniak lösen ihn leicht auf, nach der Neutralisation mit Säuren werden Verbindungen des Leims mit den Säuren gefällt.

Der Pflanzenleim des Weizenklebers enthält nach v. Bibra in 100 Theilen:

Kohlenstoff	53,70	53,43
Wasserstoff	7,20	7,04
Stickstoff	15,53	15,60
Sauerstoff	22,69	23,05
Schwefel	0,88	0,88

Das Pflanzencasein, also der in heißem Alkohol lösliche, in kaltem aber unlösliche Theil des Klebers, ist in seinem Verhalten gegen Reagentien dem Pflanzenleim sehr ähnlich. Gegen Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure verhält er sich wie jener. In Essigsäure und Weinsäure ist er, ohne darin unlöslich zu sein, nicht so leicht löslich wie jener. Das Verhalten gegen Alkalien ist bei beiden gleich.

Das Pflanzencasein besteht in 100 Th. aus:

	v. Bibra		Mulder	
Kohlenstoff	54,96	54,80	54,93	54,75
Wasserstoff	7,00	7,10	7,11	6,99
Stickstoff	15,69	15,72	15,71	15,71
Sauerstoff	21,67	21,69	21,68	21,92
Schwefel	0,68	0,69	0,57	0,62

Vergleicht man die procentische Zusammensetzung dieser drei Stoffe, so ergiebt sich eine auffallende Uebereinstimmung. Sieht man von dem höheren Schwefelgehalt des Fibrins ab, so könnte man alle drei als identisch zusammengesetzt betrachten. Auch in ihren Eigenschaften sind sie einander sehr ähnlich, vorzugsweise der Pflanzenleim und das Pflanzencasein; ja es kann sogar durch mehrfach wiederholte Behandlung des getrockneten Pflanzenleims mit Alkohol ein großer Theil des Leims in in kaltem Alkohol unlösliches Casein übergeführt werden. Aber nicht allein unter sich, sondern auch mit dem Pflanzeneiweiß oder dem Albumin stehen sie in naher Beziehung.

Das Pflanzenalbumin erhält man aus der Flüssigkeit, aus der die Stärke sich abgesetzt hat. Die Lösung, welche außer dem Eiweiß noch Zucker und Gummi enthält, wird filtrirt und zum Kochen erhitzt, wobei das Albumin gerinnt und in Flocken abgeschieden wird, die man durch Filtration trennt und nach dem Trocknen wägt. Von Bibra fand auf diese Weise in verschiedenen Weizenmehlsorten 1,36 bis 1,50 Proc., in Speltmehlen 1,00 bis 1,35 Proc. Albumin. Peligot bestimmte ebenfalls den Albumingehalt und fand ihn ziemlich viel höher als v. Bibra; nach ihm schwankt der Gehalt bei verschiedenen Sorten zwischen 1,40 und 2,40 Proc. Es rührt diese Differenz ohne Zweifel davon her, daß Peligot die ganzen Körner untersuchte, während v. Bibra nur mit dem Mehl nach Entfernung der Kleie arbeitete. Da aber gerade in den äußeren Schichten des Kornes am meisten von den stickstoffhaltigen Bestandtheilen enthalten ist, so muß der Albumingehalt des Mehles auch geringer als der des ganzen Kornes sein.

Das frisch gefällte Albumin verhält sich gegen Säuren und Alkalien fast genau wie das Pflanzenfibrin. Es unterscheidet sich jedoch davon, indem das geronnene Pflanzeneiweiß von einer Lösung von Salpeter gelöst wird, die ohne Wirkung auf das Fibrin ist, und daß das Fibrin bei der Behandlung mit Quecksilberchlorid in eine harte feste Masse verwandelt wird, was beim Albumin nicht der Fall ist.

Das Pflanzeneiweiß enthält in 100 Theilen:

	Nach Dumas u. Cahours.
Kohlenstoff	53,7
Wasserstoff	7,1
Stickstoff	15,6
Sauerstoff, Schwefel	23,6

Von Bibra fand in drei Bestimmungen 15,63, 15,66, 15,67 Proc. Stickstoff.

Verdampft man die vom geronnenen Eiweiß abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne, so erhält man einen syrupartigen, süß schmeckenden Rückstand, der aus Zucker und einer Gummiart besteht. Beide trennt man von einander, indem man mit Alkohol behandelt, in welchem Zucker löslich, Gummi unlöslich ist. Es gelingt so aber nie, die Gesammtmenge des Zuckers zu erhalten, weil dieser von dem klebrigen Gummi so umhüllt wird, daß das Lösungsmittel die Masse nicht vollständig durchdringt. Deshalb zieht man zunächst die größte Menge des Zuckers mit Alkohol aus, löst den Rückstand dann in wenig Wasser und fällt das Gummi durch Zusatz von starkem Alkohol. Diese Lösung vereint man mit der zuerst erhaltenen und verdampft zur Trockne, wobei Traubenzucker zurückbleibt und als solcher durch alle Reagentien erkannt werden kann. Etwas anders verhält sich dieser Rückstand, wenn man das Mehl direct, ohne den Kleber abgeschieden zu haben, mit Kalkwasser auszieht, die Flüssigkeit durch Behandlung mit Kohlensäure vom Kalk befreit und dann zur Trockne verdampft. Man erhält dann ebenfalls einen zuckerartigen Rückstand, der auch in seinen meisten Reactionen mit Zucker übereinstimmt, sich aber vom Zucker dadurch unterscheidet, daß er ohne Wirkung auf den polarisirten Lichtstrahl ist und die Polarisationsebene nicht dreht. Es ist dies eine auffallende Erscheinung, die wohl nur dadurch erklärt werden kann, daß man annimmt, es werde gleichzeitig mit dem Zucker eine andere noch nicht näher bestimmte Substanz von entgegengesetztem Drehungsvermögen durch den Kalk extrahirt.

Die Gegenwart des Zuckers im Mehle, obgleich von manchen Seiten geleugnet, ist wohl nach allen

neueren Untersuchungen nicht zu bezweifeln. Es ist dagegen mit Sicherheit wenigstens noch nicht erwiesen, ob der Zucker im Korn präexistirt, oder ob er erst durch das Anfeuchten und Erwärmen beim Mahlen oder vielleicht erst bei der Analyse selbst gebildet wird. Trocken zerkleinertes Korn zeigt allerdings mit Hefe versetzt sehr bald alle Erscheinungen der geistigen Gährung und überhaupt die Anwesenheit des Zuckers. Es ist jedoch nicht unmöglich, daß der Zucker erst durch eine Umwandlung der Stärke gebildet wird, indem Mège-Mouriès, wie oben schon erwähnt, im Getreidekorn einen Körper, das Cerealin entdeckte, welcher die Eigenschaft hat, in Gegenwart von Wasser das Stärkemehl bei gewöhnlicher Temperatur schon in Zucker zu verwandeln, und daher eben so wirkt, wie die beim Keimen des Getreides entstehende Diastase. Möglicherweise ist dieses die Ursache des Zuckergehalts des Mehles. Ein einfacher Versuch würde dieses leicht zur Entscheidung bringen. Man brauchte nur möglichst trockene Weizenkörner zu pulvern und mit Weingeist zu extrahiren. Das Cerealin wird dadurch unwirksam gemacht und man könnte die Gegenwart des Zuckers, wenn dieser im Korn enthalten ist, dann in der alkoholischen Flüssigkeit leicht nachweisen.

Der in dem Gemenge von Zucker und Gummi bei der Behandlung mit Alkohol zurückbleibende Körper ist häufig für Dextrin gehalten worden, mit welchem er sich leicht verwechseln läßt, wenn man nicht durch Lösen in Wasser und Fällen mit Alkohol den stets beigemischten Zucker entfernt hat. Im unreinen zuckerhaltigen Zustande lenkt er wie das Dextrin die Polarisationsebene nach rechts ab und giebt die dem Zucker und Dextrin gemeinschaftlichen Reactionen. Nach der Entfernung des Zuckers ist er aber optisch unwirksam, wird durch wäßrige Jodlösung, die Dextrin weinroth färbt, nicht verändert und giebt mit basisch essigsaurem Bleioxyd einen weißen, im Ueberschuß unlöslichen Niederschlag, während Dextrin nicht davon gefällt wird. Es hat dieser Gummi, den v. Bibra als Weizengummi bezeichnet, viele Eigenschaften mit dem arabischen Gummi gemein, unterscheidet sich aber von diesem durch die leichte Zersetzbarkeit seiner wäßrigen Lösung, die schon nach einigen Tagen sich in eine schleimige, trübe Flüssigkeit verwandelt, während eine Lösung von arabischem Gummi sich lange unverändert hält.

Nach den Versuchen von v. Bibra wechselt der Gehalt an Gummi und Zucker im Weizenmehle von 8 bis 9 Proc., und zwar ist darin immer mehr Gummi wie Zucker enthalten, das Verhältniß beider stellt sich annähernd wie 3 Th. Gummi zu 1 Th. Zucker. In vier Analysen von verschiedenen Speltmehlen fand sich 2,4 Proc. Gummi und 1,4 Proc. Zucker als Minimum und 3,2 Proc. Gummi und 1,8 Proc. Zucker als Maximum.

Die Eigenschaften des Stärkemehls werden in einem besonderen Artikel beschrieben werden. Es sei hier nur noch hervorgehoben, daß die Stärke unter dem Einfluß der Wärme in Dextrin verwandelt wird, welches sich daher nach dem Backen des Brotes in nicht unbedeutender Menge in den äußeren Schichten, in der Kruste findet. Ferner wird die Stärke durch Cerealin, unter Umständen durch Kleber, endlich durch Diastase in Zucker zersetzt.

Die Stärke, wie sie beim Kneten des Teiges in Wasser von dem Kleber getrennt und durch Absetzen der trüben Flüssigkeit gewonnen wird, ist nicht rein, sie enthält vielmehr, wie oben angegeben, noch eine gewisse Menge Kleber mechanisch beigemengt, die bis zu einem Drittel der Gesammtmenge des Klebers ausmachen kann. Um ihre Quantität zu bestimmen, bleibt nichts übrig, als nach dem Trocknen eine directe Stickstoffbestimmung damit vorzunehmen, nach dem gefundenen Stickstoffgehalt die Menge des beigemengten Klebers zu berechnen und diesen von der rohen Stärke abzuziehen.

Bei der nach dieser Methode ausgeführten Analyse erhielt v. Bibra bei verschiedenen Weizenmehlen folgende Resultate:

Weizenmehl.

	Feinstes Mehl.	Grobmehl.	Andere Sorte feinstes Mehl.
Wasser	15,540	14,250	14,445
Albumin	1,340	1,457	1,380
Pflanzenleim	0,760	0,470	0,873
Casein	0,370	0,280	0,420
Pflanzenfibrin	5,190	5,040	5,173
Durch Kneten nicht abscheidbarer Kleber	3,503	6,601	3,070
Zucker	2,335	2,350	2,307
Gummi	6,250	6,500	5,822
Fett	1,070	1,258	1,173
Stärke	63,642	61,794	65,337
Gesammtstickstoffgehalt	1,730	2,045	1,692
Davon im Albumin und im Kleber	1,187	1,023	1,216
Davon in dem durch Kneten nicht abscheidbaren Kleber	0,543	1,022	0,476

Speltmehl.

	Vom Rieß.	Von Mörlach.
Wasser	14,380	14,422
Albumin	1,340	1,020
Pflanzenleim	0,430	0,470
Casein	0,156	0,144
Pflanzenfibrin	4,364	4,306
Durch Kneten nicht abscheidbarer Kleber	4,264	3,742
Zucker	1,412	1,745
Gummi	2,482	3,200
Fett	1,322	1,400
Stärke	69,950	69,551
Gesammtstickstoffgehalt	1,620	1,500
Davon im Albumin und Kleber	0,959	0,920
Davon in dem durch Kneten nicht abscheidbaren Kleber	0,661	0,580

Weizenkleie. Die Kleie enthält die äußeren Hüllen der Körner, denen immer mehr oder weniger von den Bestandtheilen des Mehles beigemischt ist, da eine vollständige Trennung beider nicht möglich ist. Die einzelnen Schichten des Getreidekorns unterscheiden sich dadurch von einander, daß die Epidermis, also die Oberhaut, hart und fest ist und vorzugsweise aus Holzfaser besteht, während die darunter liegenden Schichten immer zarter und weicher werden und neben einem feinen Zellgewebe von Holzfaser vorzugsweise die stickstoffhaltigen Substanzen enthalten und so allmälig in den eigentlichen Mehlkern übergehen. Selbst die äußeren Schichten bestehen nicht aus reiner Holzfaser, sondern sie werden durch Zellen gebildet, die im frischen Zustande mit Flüssigkeit gefüllt sind, beim Trocknen entweicht das Wasser

und läßt in den Zellen einen Rückstand von stickstoffhaltiger und sonstiger stickstofffreier Substanz.

Um daher den Gehalt an Holzfaser zu bestimmen, ist es erforderlich, diese von den beigemengten Substanzen zu befreien. Es kann dieses auf folgende Weise geschehen:

Etwa 4 Grm. trockner Substanz werden mit 200 C.-C. verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, die nicht mehr als 1 Proc. der Säure enthält, eine halbe Stunde lang gekocht, dann die saure Flüssigkeit mit einem kleinen Heber so klar wie möglich von dem Bodensatze abgezogen und dieser wieder mit 200 C.-C. Wasser eine halbe Stunde lang gekocht, worauf man absetzen läßt und die Flüssigkeit, die man mit der zuerst erhaltenen vereinigt, mit dem Heber entfernt. Dieses wiederholt man noch einmal. Dann übergießt man die Substanz in der Schale mit 200 C.-C. Kalilösung, welche ebenfalls 1 Proc. Kali enthält, kocht eine halbe Stunde lang, läßt absetzen, läßt die möglichst klare Flüssigkeit mit einem Heber in ein besonderes Gefäß fließen und wiederholt das Auskochen mit Wasser eben so wie bei der Behandlung mit Säure noch zweimal. Den unlöslichen Rückstand bringt man auf ein bei 100° getrocknetes und gewogenes Filter. Nach dem vollständigen Klären der Waschwasser zieht man die Flüssigkeit mit einem Heber so weit wie möglich von dem Bodensatze ab, bringt zunächst den der sauren Flüssigkeit auf das Filter, wäscht dieses so lange mit heißem Wasser, bis das Filtrat nicht mehr sauer reagirt, und giebt dann den in dem alkalischen Waschwasser entstandenen Bodensatz hinzu. Die auf dem Filter befindliche Substanz wird dann zunächst so lange mit heißem Wasser gewaschen, als dieses noch etwas aufnimmt, dann mit Alkohol und endlich mit Aether, um so viel wie möglich alle Farbstoffe und Fette zu entfernen. Nach sorgfältigem Austrocknen bei 100° wägt man die auf dem Filter befindliche Holzfaser. Sie enthält aber so noch immer einen Theil der Mineralstoffe, welche in allen Pflanzenorganen abgelagert sind. Um diese in Anrechnung bringen zu können, verbrennt man die getrocknete und gewogene Holzfaser und zieht das Gewicht der dabei zurückbleibenden Asche von dem Gesammtgewicht ab.

Diese Methode — die bis jetzt allgemein angewandte — hat zwei große Uebelstände, die sich jedoch in den Resultaten wohl in den meisten Fällen mehr oder weniger compensiren. Es gelingt nämlich nie, die Holzfaser auf diese Weise frei von anderen Beimengungen zu erhalten. Unterwirft man die möglichst sorgfältig dargestellte Holzfaser der Elementaranalyse, so zeigt sie nie die nach der reinen Substanz berechnete Zusammensetzung, sondern enthält nicht allein stets eine nicht unwesentliche Menge stickstoffhaltiger Substanz; und auch der Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff variirt bis zu mehreren Procenten. Durch die fremden Beimischungen wird man daher stets mehr Holzfaser finden, als in der Substanz enthalten wäre, wenn nicht die zweite Unrichtigkeit der Methode im entgegengesetzten Sinne wirkte. Es ist nämlich durch neuere Versuche von Poggiale gefunden und von Oudemans bestätigt worden, daß die Holzfaser durch Kochen mit verdünnten Säuren schon in kurzer Zeit zum Theil in Zucker verwandelt wird. Es verhalten sich in dieser Hinsicht die einzelnen Säuren fast gleich, die anorganischen Säuren haben dieses Vermögen nur in wenig höherem Grade, wie die organischen. Diese Umbildung der Holzfaser in Zucker geht stetig fort; je länger man kocht, um so mehr Zucker entsteht, um so weniger Holzfaser wird schließlich zurückbleiben.

Um diese Fehlerquelle zu beseitigen, empfiehlt Oudemans folgende Methode zur Abscheidung der Holzfaser, welche hauptsächlich für die Untersuchung der Kleie bestimmt ist:

Die Kleie wird zunächst mit einem kalt bereiteten Auszuge von Malz bis auf 70° C. erwärmt und längere Zeit auf dieser Temperatur erhalten, um durch die Einwirkung der im Malz enthaltenen Diastase die Stärke der Kleie in Zucker zu verwandeln und zu lösen. Darauf wird auf je vier Theile der Malzlösung ein Theil einer Lösung von 1 Th. Kali auf 5 Th. Wasser hinzugesetzt und noch einige Minuten erwärmt, worauf alle stickstoffhaltigen Substanzen gelöst sein sollen. Der Rückstand wird dann auf einem gewogenen Filter gesammelt, zunächst mit warmer, verdünnter Kalilösung und heißem Wasser, dann mit verdünnter Essigsäure, Alkohol und Aether gewaschen, getrocknet und gewogen.

Man erhält auf diese Weise weit höhere Zahlen für den Gehalt an Holzfaser. Ob aber die Holzfaser dadurch wirklich von allen fremden Stoffen befreit wird, ist bis jetzt nicht ermittelt, da keine Versuche darüber vorliegen. Nach Peligot ist dies jedoch nicht der Fall, da man in der zurückbleibenden Holzfaser mittelst des Mikroskops sogar noch deutliche Mengen von Stärkemehl nachweisen kann.

Bei vergleichenden Versuchen, welche v. Bibra mit beiden Methoden bei ein und derselben Kleie anstellte, erhielt er folgende Resultate:

Bei der Behandlung mit Säuren und Alkali

10,00 Proc.
9,88 „
10,10 „

Nach der Methode von Oudemans

29,00 Proc.
29,70 „
30,23 „

Eine größere Abweichung bei zwei verschiedenen analytischen Methoden kann wohl nicht gedacht werden! Diese mangelhafte Bestimmungsmethode der Holzfaser erklärt zum Theil die große Abweichung der Resultate der nachstehenden Analysen der Kleie. Außerdem werden die Resultate sehr dadurch beeinflußt, daß die Kleie in ihrer Zusammensetzung immer um so mehr variiren muß, je ungleicher die Trennung des Mehls stattgefunden hat, und mithin nie eine gleichförmige Substanz darstellen kann.

Außer der Holzfaser sind die übrigen Bestandtheile der Kleie im Wesentlichen dieselben wie die des Mehles, jedoch in quantitativer Hinsicht natürlich anders gemischt. Es ist nur ein Körper zu erwähnen, der nur in der Kleie vorkommt, im Mehle dagegen fehlt; er findet sich in der Embryomembram, die in Fig. 289 S. 1142 mit 6 bezeichnet ist. Es ist das von Mège-Mouriès entdeckte Cerealin.

Cerealin. Um es darzustellen, wäscht man Kleie zunächst mit Alkohol von 50° Tr., um allen Zucker und das darin noch lösliche Gummi zu entfernen, preßt den Rückstand aus und wäscht mit Wasser, in welchem das Cerealin löslich ist. Die Flüssigkeit wird im Wasserbade bei einer 40° C. nicht übersteigenden Temperatur zur Trockne verdampft, wobei das Cerealin als gelblich weiße, dem nicht geronnenen Albumin ähnliche Masse zurückbleibt. Es ist leicht löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol und Aether. Seine Lösung bis 75° C. erwärmt gerinnt und scheidet dann das Cerealin in Flocken, ähnlich wie coagulirtes Eiweiß ab.

Es hat dieser Stoff die Eigenschaft, bei wenig erhöheter Temperatur Stärkekleister flüssig zu machen und in Zucker zu verwandeln, wie ein Ferment zu wirken und namentlich die Milchsäure- und Buttersäuregährung rasch einzuleiten und endlich die stickstoffhaltigen Bestandtheile, den Kleber ꝛc. zu zersetzen, wobei Ammoniak und ein braungefärbter, gummiartiger Stoff gebildet wird. Diese Eigenschaften des Cerealins sollen die schwarze Farbe und die leichte Säuerung des mit der Kleie gebackenen Brots veranlassen. Läßt man das kleiehaltige, mithin cerealinhaltige Mehl vor dem Verbacken durch Zusatz von Hefe und Zucker in geistige Gährung gerathen, so wird das Cerealin zersetzt oder wenigstens unwirksam gemacht, so daß mit einem kleiehaltigen Mehl ein weißes nicht saures Brot gebacken werden kann. Denselben Einfluß hat ein Zusatz von Säuren oder Kochsalz. Bringt man den Theil des Mehles, welcher früher nur zu Schwarzbrot verwerthet werden konnte, in eine Kochsalzlösung, so gerinnt das Cerealin und man kann dann den übrigen Theil des Mehles hinzukneten und so weißes Brot bereiten. Es gründet sich hierauf eine neue Backmethode, auf welche wir unten zurückkommen werden.

Ueber den Werth der Kleie als Nahrungsmittel sind die Ansichten sehr verschieden. Zieht man nur ihren hohen Gehalt an stickstoffhaltigen Stoffen in Betracht, so muß man ihr einen ungemein hohen Nährwerth zuschreiben und es als Verschwendung betrachten, wenn ein so großer Theil des nützlich zu verwerthenden Mehles als Kleie entfernt wird. Auf der anderen Seite wird dagegen die Kleie durch ihren Gehalt an Holzfaser für völlig unverdaulich gehalten und ihr nur ein sehr geringer Nähreffect zugesprochen. Das Richtige liegt wohl in der Mitte von beiden. Es ist oben erwähnt, daß es nicht einmal durch die tiefgreifendste Wirkung von Säuren und Alkalien möglich ist, der Holzfaser alle stickstoffhaltigen Bestandtheile zu entziehen. Alle Stoffe, die einer solchen Behandlung widerstehen, sind gewiß nicht als nahrhafte zu betrachten, und werden den Körper unverändert wieder verlassen. Versuche, welche Poggiale anstellte, haben dieses bewiesen. Er fütterte Hunde mit Kleie und Fleischbrühe, sammelte die mit den Excrementen wieder entleerten Rückstände der Kleie, befreite sie durch Waschen von allem Anhängenden, verfütterte sie zum zweiten Male an einen Hund und endlich noch an Hühner. Es ergab sich dabei, daß die Kleie, nachdem sie durch die Verdauungsorgane dieser drei Thiere gegangen war, noch etwa den dritten Theil ihres Stickstoffgehalts enthielt. Auf der anderen Seite ist aber mit Sicherheit anzunehmen, daß ein großer Theil der stickstoffhaltigen Substanz der Kleie, sowie ihre Gesammtmenge an Stärkemehl, Gummi, Zucker, Fett verdaulich ist, und daß die jenen beigemischte Holzfaser nicht die Verdaulichkeit stört und selbst keinen so nachtheiligen Einfluß auf die Verdauungsorgane ausübt, wie von manchen allzu Aengstlichen wohl angenommen wird. Es ist sogar bis jetzt noch gar nicht nachgewiesen, ob nicht die Holzfaser selbst von Menschen verdaut werden kann; Versuche bei Thieren haben nachgewiesen, daß Schafe und Ochsen durchschnittlich die Hälfte der ihnen im Futter gereichten Holzfaser assimiliren. Es ist daher gewiß gerathen weniger als es bis jetzt geschieht, nur die Feinheit des Mehles als ein Kriterion für seine Güte zu betrachten, und lieber die gewiß größere Nahrhaftigkeit eines etwas Kleie enthaltenden Mehles zu berücksichtigen, wobei es völlig unbenommen bleibt, den gröbsten Theil der Kleie zu beseitigen.

Analysen von Weizenkleie:

Nach Fürstenberg.		Nach Millon.	
Stärke	22,62	Stärke und Gummi	50,0
Eiweiß	1,64	Zucker	1,0
Zucker und Gummi	5,28	Kleber	14,9
Kleber	10,84	Fett	3,6
Fett	2,82	Holzfaser	9,7
Wasser	10,30	Wasser	13,0
Hülsen	46,50	Asche	5,7
		Incrustirende, hornartige, riechende Substanz	2,1

Nach Poggiale.	
Wasser	12,669
Zucker	1,909
Dextrin	7,709
Albumin	5,615
Unlösliche, assimilirbare stickstoffhaltige Substanz	3,867
Unlösliche, nicht assimilirbare stickstoffhaltige Substanz	3,516
Fett	2,877
Stärke	21,692
Holzfaser	34,575
Asche	5,514

	Nach Oudemans.			Nach Anderson.
	Weizenkleie.	Kurze Kleie von Weizen.	Grieskleie von Weizen.	Weizenkleie.
Asche	6,52	6,26	4,99	6,11
Wasser	14,07	14,27	14,40	12,85
Fett	2,46	2,88	3,88	5,56
Kleber u. Albumin	13,46	12,68	15,41	13,80
Dextrin	5,52	5,24	5,71	
Stärke	26,11	29,74	29,31	61,67
Holzfaser	30,80	27,21	25,98	

	Nach v. Bibra. Weizenkleie.	Speltkleie.
Wasser	12,700	13,030
Albumin	3,525	2,375
Pflanzenleim	5,800	7,680
Casein	0,220	1,480
In Wasser und Alkohol unlösliche, stickstoffhaltige Substanz	8,385	3,800
Zucker	4,320	2,700
Gummi	8,850	12,525
Fett	3,790	5,180
Holzfaser	30,650	28,900
Stärke	21,760	22,330

	Nach Dietrichs. Weizenkleie.
Wasser	13,80
Eiweiß	0,98
Gummi	3,31
Zucker	1,61
Extractivstoffe	3,98
Stärkemehl	38,00
Fett	4,54
Kleber	12,45
Holzfaser	15,35
Asche	6,02

Nach der Zusammensetzung des Mehles und der Kleie kann man annähernd auf die des ganzen Kornes schließen, indem man nun wenigstens qualitativ die einzelnen Bestandtheile kennt und aus den Analysen annähernd wenigstens auf den Gehalt der ganzen Körner schließen kann. Eine solche Schätzung kann aber nur sehr approximativ sein, denn es variiren nicht allein die einzelnen Weizensorten sehr in ihrer Zusammensetzung (so sind z. B. die harten glasigen Körner durchgängig weit stickstoffreicher wie die weichen), sondern auch ein und dieselbe Weizenart kann eine sehr wechselnde Zusammensetzung je nach den Witterungseinflüssen während der Vegetation, je nach der Beschaffenheit des Feldes, je nach dem Düngungszustande des Bodens u. s. w. zeigen. Es geht dieses am deutlichsten aus den im Nachstehenden zusammengestellten Analysen möglichst vieler verschiedener Weizensorten hervor.

Analysen von Weizenkörnern nach Peligot:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Wasser	14,6	13,6	14,6	15,2	13,2	13,9	13,2	13,2	14,5	13,5	15,2	14,8
Fett	1,0	1,1	1,3	1,5	1,2	1,0	1,2	1,5	1,1	1,1	1,8	1,9
Kleber	8,3	10,5	8,1	12,7	10,0	8,7	16,7	19,8	11,8	19,1	8,9	12,2
Albumin	2,4	2,0	1,8	1,6	1,7	1,9	1,4	1,7	1,6	1,5	1,8	1,4
Gummi und Zucker	9,2	10,5	8,1	6,3	6,8	7,8	5,9	6,8	5,4	6,0	7,3	7,9
Stärkemehl	62,7	60,8	66,1	61,3	67,1	66,7	59,7	55,1	65,6	58,8	63,6	57,9
Holzfaser	1,8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,3
Asche	—	—	—	1,4	—	—	1,9	1,9	—	—	1,4	1,6

1) Weißer niederländischer Weizen 1841. 2) Hunter's Weizen 1843. 3) Weizen von Toucelle aus der Provence 1842. 4) Odessa-Weizen aus Polen. 5) Blé Hérisson 1842. 6) Poulard roux 1840. 7) Poulard bleu conique 1846. 8) Polnischer Weizen 1844. 9) Ungarischer Weizen 1845. 10) Aegyptischer Weizen. 11) Spanischer Weizen. 12) Taganrog-Weizen.

Der Gehalt an Wasser, Asche, Stickstoff und Kleber wurde von Reiset in einer großen Anzahl von Körnern bestimmt.

Analysen von Weizenkörnern nach Reiset:

	Wasser.	Asche.	Stickstoff.	Kleber.
1)	14,10	2,14	1,71	10,68
2)	14,47	1,88	1,88	11,75
3)	15,90	1,89	2,03	12,68
4)	14,97	2,10	1,87	11,68
5)	15,64	1,92	1,97	12,31
6)	16,51	1,88	1,83	11,43
7)	15,00	1,97	2,03	12,68
8)	13,48	2,19	2,87	17,93
9)	14,13	2,11	2,23	13,93
10)	15,49	2,02	2,45	15,31
11)	14,69	2,03	1,38	12,37
12)	13,37	1,92	1,89	11,81
13)	13,60	1,91	1,94	12,12
14)	13,65	1,77	1,93	12,06
15)	12,81	1,61	2,00	12,50
16)	14,25	2,11	2,20	13,75
17)	13,11	1,98	2,09	13,05
18)	14,11	1,87	1,99	12,44
19)	16,11	2,13	2,15	13,43
20)	12,20	2,18	2,61	16,31

1) Petognelle noir (Poulard), halbweich. Geerntet zu Barrières (Vilmorin). 2) Weißer englischer weicher Weizen. Geerntet in Crespel (Pas de Calais). 3) Weizen geerntet zu Ecorche-Boeuf 1850, schlechte Ernte. 4) Weizen von Chamoise. 5) Englischer Weizen. Geerntet zu Avrigny. Dritte Ernte vom Originalsamen. 6) Barker-Weizen. Geerntet zu Ecorche-Boeuf. Erste Ernte von Originalsamen. 7) Weißer russischer Weizen. Geerntet in Neufchatel. 8) Hérisson-Weizen. Sommerweizen, halbweich, 1851 zu Bruyères. 9) Richelle-Weizen von Neapel. Weißer Sommerweizen 1851 zu Volleroad. 10) Victoria-Weizen. Sommerfrucht aus der Umgegend von Pontoise. 11) Spalding-Weizen von Ecorche-Boeuf, 1851. 12) Victoria-Weizen von Ecorche-Boeuf, 1851. 13) Xeres-Weizen, sehr hart, von Bruyères. 14) Rother russischer Weizen. Siebente Ernte von Originalsamen. 15) Weizen aus der Gegend von Port Levoy. 16) Weizen von Sicilien, Sommerfrucht, hart, 1851 zu Barrières. 17) Nouette- oder Helena-Riesenweizen von Bruyères. 18) Richelle-Weizen von Grignon, weich. 19) Albert-Weizen von Ecorche-Boeuf. Erste Ernte von Originalsamen. 20) Polnischer Weizen, sehr hart, von Barrières.

Höchst interessant ist die Vergleichung der Zusammensetzung von Körnern derselben Weizenart, aber von verschiedener Größe. Es stellte sich bei den Untersuchungen von Reiset heraus, daß der Stickstoffgehalt der kleinen Körner durchgängig größer als der der großen sei, während bei jenen der Wassergehalt höher ist, wie folgende Zahlen zeigen:

	Wasser.	Stickstoff.	Kleber.	Asche
Spalding-Weizen 1852.				
Kleines Korn	17,9	2,48	15,50	2,25
Großes Korn	19,1	2,33	14,56	2,21
Victoria-Weizen 1852.				
Kleines Korn	16,8	2,44	15,25	2,18
Großes Korn	17,58	2,08	13,00	1,97
Albert-Weizen 1852.				
Kleines Korn	18,34	2,59	15,62	2,11
Großes Korn	18,70	2,35	14,68	2,08

Analysen von Weizenkörnern nach Millon.

Bei diesen Analysen wurde der Kleber durch Ausfneten direct bestimmt, außerdem wurde der Gesammtgehalt an Stickstoff bestimmt und auf Albuminsubstanz berechnet. Dieser Werth, verglichen mit den für Kleber gefundenen Zahlen, giebt daher den Nachweis über die sonstigen stickstoffhaltigen Substanzen, die sich durch Kneten nicht abscheiden lassen.

	Trockner Kleber.	Stickstoff auf Albumin berechnet.	Stickstoff.	Fett.	Holzfaser.	Asche.	Wasser.
1)	9,9	12,06	1,936	1,56	1,80	1,51	16,5
2)	6,0	10,35	1,659	1,59	1,74	1,44	17,1
3)	10,2	12,05	1,929	—	—	—	—
4)	9,0	11,08	1,739	1,41	1,93	1,53	17,1
5)	9,1	11,78	1,885	1,70	1,88	1,70	17,1
6)	8,7	10,80	1,736	1,63	1,80	1,64	17,0
7)	8,2	10,23	1,637	1,80	1,71	1,47	17,1
8)	12,3	13,02	2,084	1,47	2,00	1,37	17,7
9)	10,72	12,34	1,975	—	1,78	—	—
10)	9,0	11,15	1,785	1,88	1,70	1,80	13,7
11)	4,8	9,92	1,588	2,14	1,40	1,44	12,23
12)	0,0 (?)	—	—	—	—	—	—
13)	11,8	—	—	—	—	—	—
14)	12,52	11,71	1,874	1,98	1,84	1,75	13,01
15)	12,37	11,93	1,909	1,88	2,18	1,70	13,19
16)	11,60	12,32	1,972	2,07	2,35	2,09	12,60
17)	14,30	15,21	2,435	—	—	—	—
18)	14,87	13,38	2,141	2,03	1,80	1,77	12,01
19)	13,93	13,05	2,088	2,10	1,58	1,77	12,15
20)	16,66	13,81	2,210	2,03	2,10	2,10	12,67
21)	11,38	12,69	2,031	—	—	—	—
22)	17,40	17,04	2,729	—	—	—	—

1) bis 9) Weizen, der im Jahre 1848 in der Umgegend von Lille gebaut war. 1) Spanischer Weizen. Achte Ernte. Weiche große Körner. 2) Englischer rother Weizen. Dritte Ernte. Weiche rothe Körner. 3) Englischer rother Weizen. Weich und roth. 4) Bartweizen. Weiches weißes Korn. 5) Blé blouzé. Weich, weiß. 6) Blé blouzé. Andere Sorte. 7) Blé duvet. Varietät von 2. 8) Wunderweizen mit runzligen Hülsen und hornartigem Bruch. 9) Weicher weißer Weizen, mit hornartigem Bruch. 10 bis 22) in Algier cultivirt. 10) Weizen von Chéragos. Weich und weiß, nur wenige hornige Körner. 11) Weizen von Guyotville. Große breite Körner, weich, weiß mit mehligem Bruch. 12) Der vorige Weizen im zweiten Jahrgange, ausgesucht weiche Körner. 13) Derselbe Weizen, nur harte Körner. 14) Weizen von Guyotville, röthliche weiche Körner, mit vielen halbharten gemischt. 15) Weizen von Guyotville, dem vorigen ähnlich, aber weniger entwickelt, weiche Körner mit vielen eingemengten harten. 16) Weizen von Mitidja, kleine und lange Körner, einige halbhart. 17) Weizen von Mitidja, viele halbharte Körner eingemengt. 18) Weizen aus der Provinz Oran, hartes voluminöses Korn von rother Farbe. 19) Weizen aus der Provinz Constantine, hartes, weißes, voluminöses Korn. 20) Weizen von Metidja, hartes Korn. 21) Weizen aus Lagonot, lange voluminöse, halbharte Körner mit weichen Körnern gemischt. 22) Weizen aus Odessa.

Aegyptischer Weizen, Béhéri, enthält nach Poggiale:

Wasser	12,175
Stärke und Dextrin	65,440
Stickstoffhaltige Substanz	10,335
Fett	2,300
Asche	1,895
Holzfaser	7,855

Oudemans fand in 100 Th. Weizenkorn:

Stärkemehl	57,00
Dextrin oder Gummi	4,50
Stickstoffhaltige Substanz, löslich in Alkohol, unlöslich in Wasser	0,42
Coagulirbares Eiweiß	0,26
Zwei in Wasser lösliche, nicht coagulirbare Eiweißkörper	1,55
Fibrin	9,27
Fett	1,80
Holzfaser	6,10
Asche	1,70
Extractgebende Stoffe	1,40
Wasser	16,00

Alex. Müller untersuchte Weizenkörner, die in demselben Jahre auf demselben Felde gebaut waren, aber durch Wurfen in zwei verschiedene Sorten von verschiedenem Gewicht getheilt waren, um den Zusammenhang zwischen Gewicht und procentischer Zusammensetzung zu bestimmen.

100 Th. Körner enthielten:

Winterweizen.

	Gewicht eines Hektoliters 76,75 Kilogr.	52,55 Kilogr.
Wasser	15,65	15,56
Holzfaser	2,54	6,04
Asche	1,57	1,80
Stickstoffhaltige Substanz	11,84	12,97
Fett	2,61	2,39
Zucker	1,41	2,40
Stärkemehl	64,38	58,84

Die schwerere Sorte des Weizens unterscheidet sich sehr von der leichteren dadurch, daß sie weit mehr Stärkemehl, dagegen weniger Holzfaser, stickstoffhaltige Substanz und Zucker enthält.

Nach Anderson.

Wasser	16,88
Fett	1,99
Stickstoffhaltige Substanz	9,01
Asche	1,57
Sonstige Bestandtheile	70,55

Von Bibra untersuchte mehr als hundert Weizensorten auf ihren Stickstoffgehalt und versuchte zugleich in dem Gewicht einer gewissen Anzahl Körner und im specifischen Gewicht einen Anhalt zur Beurtheilung des Werthes des Korns zu finden. Die letztere Ansicht fand sich indeß nicht bestätigt. Im Stickstoffgehalt zeigten sich indessen nach den einzelnen Ländern, mithin nach den geographischen Breitegraden, unter denen das Korn gewachsen war, interessante Beziehungen. In jedem Lande finden sich einzelne Sorten, die entweder durch einen abnorm hohen oder durch einen abnorm niedrigen Stickstoffgehalt sich von allen übrigen dort cultivirten Sorten unterscheiden. Diese wurden bei der Berechnung der Durchschnittszahlen aus den Resultaten der Analysen eliminirt und nur die Werthe zur Berechnung verwandt, welche wirklich die große Masse des in den einzelnen Ländern cultivirten Weizens repräsentiren. Es enthielten:

14	verschiedene Weizensorten aus	Süddeutschland	im Mittel	2,17	Proc. Stickstoff.
18	„ „ „	Norddeutschland	„ „	2,24	„ „
32	„ „ „	Süd- und Norddeutschland	„ „	2,20	„ „
13	„ „ „	Schottland	„ „	2,01	„ „
8	„ „ „	Spanien	„ „	2,10	„ „
7	„ „ „	Algier	„ „	2,20	„ „
3	„ . „	Aegypten	„ „	1,47	„ „
2	„ „ „	Australien	„ „	1,60	„ „

Als ganz besonders stickstoffreich sind in den einzelnen Ländern folgende Sorten zu erwähnen: in Süddeutschland: Wunderweizen von Lichtenhof bei Nürnberg mit 2,85 Proc. und der rothe Kolbenweizen von Weihenstephan mit 2,74 Proc.; in Norddeutschland: der sächsische Wechselweizen von Eldena mit 2,92 Proc.; in Spanien: der balearische Weizen von Mahon Minorca mit 3,86 Proc.; in Rußland: der auf Schwarzerde gewachsene Sommerweizen aus dem Gouvernement Samara mit 3,47 Proc. Bei neun in verschiedenen Jahren auf demselben Felde in England gebauten Weizen fanden Lawes u. Gilbert den durchschnittlichen Gehalt an Stickstoff zu 1,98 Proc.; dabei den höchsten Gehalt im Jahre 1853 mit 2,24 Proc., den niedrigsten im Jahre 1849 mit 1,84 Proc.

Von derselben Wichtigkeit wie die organischen Bestandtheile der Getreidekörner sind die anorganischen für die Ernährung der Menschen und Thiere. Es kann kein Blut gebildet werden, keine Fleisch- und Muskelsubstanz neu gebildet werden, wenn nicht in demselben Maße wie blutbildende und Respirationsstoffe auch Kali, Phosphorsäure, Kalk, Eisen &c. dem Körper zugeführt wird. Von manchen der Mineralstoffe wissen wir allerdings noch nicht genau, welche Rolle sie im Körper spielen, wir wissen aber, daß sie in allen Säften des Organismus enthalten sind, daß sie mit allen thierischen Ausleerungen, Harn, Darmkoth entleert werden und daß zur Erhaltung und Ausbildung des Körpers ein steter Ersatz erforderlich ist, ohne welchen abnorme pathologische Erscheinungen eintreten müssen. Nach neueren Untersuchungen, auf die wir unten näher eingehen werden, erscheint es sogar gewiß, daß ganz regelmäßige Beziehungen zwischen gewissen Mineralstoffen und organischen Stoffen in der Zusammensetzung aller Getreidekörner stattfinden und daß die Bildung der organischen Stoffe quantitativ an die Anwesenheit einer ihnen entsprechenden Menge Mineralstoffe gebunden ist. Außerdem ist die Kenntniß der Zusammensetzung der Mineralstoffe für die Lehre von der Ernährung der Pflanzen von allergrößter Wichtigkeit; erst von der Zeit, wo man dem Studium der Pflanzenasche größere Aufmerksamkeit schenkte, kann man den Anfang der Agriculturchemie datiren. Die folgenden Analysen mögen daher hier einen Platz finden:

Aschenanalysen von Weizenkörnern.

		Aschengehalt in 100 Theilen frischer Substanz.	Aschengehalt in 100 Theilen bei 100° getrockneter Substanz.	Kali.	Natron.	Magnesia.	Kalk.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselerde.	Eisenoxyd.	Chlornatrium.		Localität der Pflanze.	Namen der Analytiker.
Weizen, auf Boden verschiedener Länder gewachsen.	Rothes	—	—	21,87	15,75	9,60	1,93	49,32	0,17	—	1,96	—		Gießen	Will und
	Korn	—	—	33,84	—	13,54	3,09	49,21	—	—	0,31	—		"	Fresenius.
	Weißes	—	—	25,90	0,44	6,27	1,92	60,39	—	3,57	1,33	—		Leipzig	Schmidt.
	Korn	—	—	26,43	17,79	12,98	3,91	46,14	0,27	0,42	0,50	—		Holland	Bichon.
	"	—	—	24,17	10,34	13,57	3,01	45,53	—	1,91	0,52	—		Solz, H.-Cassel	Thon.
	"	—	—	30,12	—	16,26	3,00	48,30	1,01	1,31	—	—		Bechelbronn, Elsaß	Boussingault.
	"	1,55	1,74	32,39	2,32	13,94	3,47	43,47	0,35	3,05	0,97	—		Frankreich	Way u. Ogston.
	"	1,50	1,68	30,30	1,00	14,28	3,17	45,80	—	4,48	0,89	—		Odessa	"
	"	1,7	1,88	35,77	9,06	14,09	2,05	34,44	0,24	4,00	—	—		Adrianopel	"
Hopeton-Weizen, in England gewachsen.	"	1,97	2,19	36,60	0,53	11,12	4,34	41,03	0,18	4,97	1,18	—	1	Aegypten	"
	"	1,81	2,05	33,15	—	12,71	3,20	47,00	0,24	2,84	0,60	—	2	Cirencester	"
	"	1,51	1,69	33,00	2,07	13,99	2,82	46,18	0,48	1,42	—	—	3	"	"
	"	1,48	1,70	27,06	4,08	13,57	4,29	41,22	1,91	5,91	1,36	—	4	"	"
	"	1,56	1,72	32,24	4,06	10,94	2,06	45,73	0,32	2,28	2,04	0,27	5	Dorset.	"
	"	1,63	1,84	29,92	6,08	12,43	1,83	45,30	0,59	4,43	1,76	0,64	6	"	"
	"	1,61	1,81	36,43	4,62	13,26	1,32	39,97	0,15	4,23	—	—	7	Gloucestershire	"
	"	1,63	1,81	32,05	3,38	9,32	4,43	47,33	—	3,05	0,35	—	8	"	"
	"	1,71	1,94	34,51	1,87	11,69	1,80	43,98	0,21	5,63	0,29	—	9	"	"
	"	1,69	1,92	30,32	0,07	12,38	2,51	49,22	0,18	3,60	0,08	1,60	10	"	"
Weißer Weizen, in England gewachsen.	"	1,76	2,01	32,14	2,14	9,67	8,21	44,44	—	3,29	0,08	—	11	"	"
	"	1,70	1,91	31,00	2,54	9,53	1,45	40,91	0,08	9,71	3,34	0,34	12	Sutton Waldron	"
	"	1,72	1,95	29,75	0,64	13,75	3,27	49,58	0,60	2,14	0,23	—	13	Gloucestershire	"
	"	1,73	1,97	29,91	1,87	14,05	3,39	47,44	—	2,63	0,67	—	14	"	"
	"	1,61	1,81	30,13	1,25	11,46	6,87	47,38	0,07	2,76	0,07	—	15	"	"
	"	1,60	1,80	30,02	3,82	13,39	1,15	46,79	—	3,89	0,91	—	16	"	"
	"	1,90	2,13	29,17	2,20	14,22	5,05	46,61	0,44	2,17	0,09	—	17	"	"
	"	1,73	1,96	26,70	2,12	12,76	6,78	46,99	0,24	2,05	2,32	—	18	"	"
Rother Sommerweizen		1,84	2,10	34,26	4,53	9,56	3,21	40,57	0,32	5,46	2,06	—	19	Wantage	"
Speltweizen		1 81	2,05	29,76	5,26	11,06	2,88	48,21	0,11	2,23	0,23	—	20	Cirencester	"
Kleiner Spelt		1,73	1,95	31,18	2,42	12,35	1,50	46,49	0,61	5,20	0,22	—	21	Hackneß	"
"		1,65	1,85	28,89	1,40	13,06	6,76	45,64	1,55	2,55	0,11	—	22	"	"
"		1,71	1,91	30,94	1,28	12,74	3,72	48,53	—	1,34	1,40	—	23	"	"
Mittel der 32 Analysen.		1,67	1,93	27,97	3,90	12,30	3,40	46,00	0,33	3,35	0,79	0,90		—	—

1) In diesem in der Nähe der See gewachsenen Weizen ist ein Theil Kali durch Natron substituirt. 2) Auf oolithischem Kalkstein gewachsen. 3) Auf mergeligem Kalkstein und Thon gewachsen. 4) Der Same der beiden vorhergehenden Sorten. 5) Auf lehmigem Boden. 6) Kalkboden. 7) Kieselhaltiger Boden auf Kalkstein. 8) Thoniger Boden auf silurischen Felsen. 9) Sandiger Boden auf ebendenselben. 10) Thoniger Boden auf ebendenselben. 11) Sandboden auf altem rothem Sandstein. 12) Lehmboden auf grauem Sandstein. 13) Sandiger Lehm auf altem rothem Sandstein. 14) Ebendaselbst. 15) Kalkboden auf Bergkalk. 16) Thonhaltiger Lehm. 17) Sandiger Kalkboden. 18) Kalkhaltiger Thon auf talkerdehaltigem Kalkstein. 19) Kalkboden auf Kreide. 20) Mergeliger Kalkstein; grobkörniger Oolith. 21) Thoniger Sandboden. 22) Ebendaselbst. 23) Kalkgeröll.

Aschenanalysen von Weizenkörnern nach v. Bibra.

	Aschengehalt in 100 Theilen trockenem Korn.	Kali.	Natron.	Magnesia.	Kalk.	Phosphorsäure.	Kieselsäure.	Eisenoxyd, Schwefelsäure ꝛc.
1	1,89	29,99	2,71	13,02	3,77	47,00	0,53	2,63
2	2,04	29,56	1,83	14,00	2,93	48,11	0,72	2,97
3	1,78	32,98	3,02	11,33	4,50	44,73	1,02	2,42
4	1,95	32,31	0,85	14,13	4,70	44,09	1,00	2,92
5	2,00	29,88	2,75	11,09	3,00	51,38	1,05	1,85
6	2,00	34,67	2,07	14,38	1,75	44,93	0,30	1,90
7	2,24	36,01	3,45	11,39	4,42	41,43	0,72	2,58
8	1,40	35,38	4,00	12,93	5,72	39,25	0,80	1,92
9	1,70	35,30	5,38	13,09	3,21	40,72	0,80	1,50
10	2,20	36,70	2,00	15,21	2,56	41,35	0,10	2,09
11	2,02	32,81	—	13,07	2,55	47,37	1,37	2,83
12	1,71	33,38	3,20	12,00	4,30	44,02	0,85	2,25
13	1,87	36,21	1,38	11,00	1,83	46,25	1,33	2,00
14	1,90	30,26	1,23	15,27	4,22	47,23	0,29	1,50
15	1,59	34,17	4,25	14,23	3,71	40,07	1,32	2,25
16	1,83	33,88	5,23	16,27	2,55	39,20	0,87	2,00
17	1,72	36,52	1,75	15,21	3,25	41,07	0,97	1,23
18	2,11	31,47	4,72	13,26	4,34	42,72	0,50	2,99
19	1,72	34,09	3,81	16,27	2,53	40,55	0,82	1,93
20	2,89	32,30	3,00	12,37	2,56	46,25	0,73	2,79
21	2,27	29,16	4,43	9,73	4,56	49,57	0,82	1,73
22	2,30	38,37	3,58	7,82	2,84	45,03	0,73	1,63
23	1,88	36,72	2,00	10,33	4,25	42,78	1,05	2,87
24	2,13	32,84	0,86	14,20	2,55	47,73	0,55	1,27
25	2,00	36,48	1,38	9,02	1,07	49,25	0,80	2,00
26	2,80	34,08	1,33	15,37	5,13	40,75	0,39	2,95
27	2,10	27,74	0,75	15,82	4,28	47,97	0,57	2,87
28	1,90	35,40	2,35	9,73	2,02	46,68	1,02	2,80
29	1,55	37,08	1,83	10,27	1,83	45,63	0,65	2,71
30	1,88	33,92	1,70	9,11	2,50	42,08	0,77	2,92

1) bis 14) Weizen aus Süddeutschland. 15) bis 20) Weizen aus Schottland. 21) Weizen aus Rußland. 22) bis 25) Weizen aus Spanien. 26) bis 29) Weizen aus Algier. 30) Weizen aus Aegypten.

1) Richmonds Riesen-Weizen. Weihenstephan. 2) St. Helena-Weizen. Weihenstephan. 3) Whittington-Weizen. Weihenstephan. 4) Sicilianischer Weizen. Weihenstephan. 5) Mumienweizen. Lichtenhof. 6) Tunisweizen. Lichtenhof. 7) Russischer Bartweizen von Schwebheim in Unterfranken. Ungedüngt auf Neubruch, gerodeter Wald, erbaut; reicher Ertrag. 8) Spelt aus dem Ries. Thonboden. Stalldüngung. 9) Spelt von Mörlach. Sandiger Thonboden. Stalldüngung. 10) Whittington-Weizen. Das Korn: gleichförmig, mittelgroß, gelblich, glasig. 11) Rother glatter englischer Bartweizen. Das Korn ziemlich groß, gelblich, mehlig zum Theil, die meisten glasig, einzelne Körner den Uebergang bildend. 12) Talavera-Weizen. Das Korn mittelgroß, hellgelb, mehlig, glasig, übergehend. 13) Weißer unbegrannter Spelt. Das Korn klein, hellgelb, mehlig. 14) St. Helena-Weizen. Ausgezeichnetes großes Korn, dunkelgelb, glasig und mehlig gemengt. 15) Chevalier white wheat. 16) Chevalier brown wheat. 17) Fulard red wheat. 18) Blutstropfen-Weizen. 19) Rother Wunderweizen. 20) Preisweizen von Orford. 21) Weizen aus dem Gouvernement Räsan. 22) Weizen von den Höhen von Barcelona. 23) Weizen von Sevilla, Andalusien. 24) Weizen von den Balearen, Malorca Arta. 25) Weizen von den Balearen, Malorca Polena. 26) Blé dur, M. Joyot à Bon Sfer, Province d'Oran. 27) Blé dur, M. Medioni, Province d'Oran. 28) Blé tendre, M. Jaques David à Kleber, Province d'Oran. 29) Blé tendre, M. J. à Bon Sfer, Province d'Oran. 30) Weißer Weizen.

Es ist schon oben angeführt, daß zwischen gewissen anorganischen und organischen Bestandtheilen der Getreidekörner bestimmte Beziehungen stattzufinden scheinen. Es ergiebt sich dieses vorzugsweise aus den Arbeiten von W. Mayer, dessen Resultate, soweit sie die Weizenkörner betreffen, hier folgen:

100 Th. Weizenkörner enthielten:

	Phosphorsäure.	Stickstoff.	Wasser.	Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff.
1) Sommerweizen von Schleißheim	1,025	1,99	13,47	100 : 193
2) Arnautischer Weizen von Schleißheim	0,903	1,65	14,33	100 : 183
3) Winterweizen von Friesdorf	1,019	2,02	12,43	100 : 199
4) „ „ Gelchsheim	1,003	2,00	13,16	100 : 199
5) „ „ Friesdorf	0,999	1,96	13,10	100 : 197
6) „ „ Geisfeld	0,968	2,00	13,83	100 : 206
7) „ „ Litzendorf	0,915	1,88	13,68	100 : 206
8) „ „ Mönchshofen	0,914	1,99	11,04	100 : 217
9) „ „ Mönchshofen	0,899	1,97	10,97	100 : 219
10) „ „ Martinshöhe	0,866	1,91	13,11	100 : 219
11) „ „ Brennberg	0,808	1,74	13,39	100 : 215
12) Sommeremmer von Schleißheim	0,993	2,07	13,79	100 : 206
13) Winteremmer von Schleißheim	0,992	1,99	13,58	100 : 200
14) Winterspelt von Illerfeld	0,994	2,31	12,56	100 : 232
15) „ „ Schleißheim	0,740	1,56	13,88	100 : 210
16) Superfeines Weizenmehl Nr. 0	0,074 (hs. 0,174)	1,74	13,29	100 : 1000
17) Weizenmehl Nr. 4	0,422	1,91	13,05	100 : 451
18) Suppengries aus Weizen Nr. G	0,216	2,11	13,61	100 : 979
19) Grobe Weizenkleie Nr. 6	2,436	3,73	13,59	100 : 153

Im Durchschnitt enthalten daher die bei 100° getrockneten Weizenkörner 1,078 Proc. Phosphorsäure und 2,20 Proc. Stickstoff und auf 100 Th. Phosphorsäure 204 Th. Stickstoff.

Aus der sehr umfangreichen Arbeit zieht Mayer u. A. folgende Schlüsse:

Die Existenz der Eiweißstoffe ist bedingt durch die Gegenwart der phosphorsauren Verbindungen. Zwischen den Eiweißstoffen und der Phosphorsäure respective den phosphorsauren Salzen bestehen bestimmte Verhältnisse, so zwar daß mit der Zunahme der Menge der Eiweißkörper proportionale Zunahme der Menge der Phosphorsäure, respective der phosphorsauren Salze stattfindet.

Dies Verhältniß ist für jeden der Eiweißstoffe ein anderes: für das lösliche Pflanzeneiweiß, für das Legumin, für den Kleber. Die Früchte der Leguminosen, in welchen hauptsächlich Legumin mit löslichem Eiweiß vorkommt, enthalten auf dieselbe Menge Phosphorsäure ein und einhalb bis zwei Mal so viel Stickstoff, als die Getreidekörner, deren Albuminate vorzugsweise aus Kleber mit wenig löslichem Eiweiß bestehen.

In den Getreidekörnern scheint das lösliche Eiweiß vorzugsweise in dem mittleren, stärkemehlreichen Theil enthalten zu sein, während die äußeren Theile des Samens die größte Menge Kleber und mit diesem die größte Menge von Phosphorsäure enthalten.

Roggen, Secale cereale. Hinsichtlich des Blüthenstandes hat der Roggen Aehnlichkeit mit der Gerste und dem Weizen. Seine Grasährchen sitzen an der Spindel und bilden eine Aehre, sie sind zweiblüthig, haben zwei äußere Spelzen, welche aber nur halb so groß und weit schmäler als die inneren sind, die unterste der beiden inneren Spelzen ist begrannt. Hierdurch unterscheidet sich der Roggen von Weizen und Gerste, der Weizen hat mehrblüthige, die Gerste einblüthige Grasährchen, und die äußeren Spelzen der Grasährchen des Weizens und der Gerste sind von den äußeren Spelzen des Roggens in der Form sehr verschieden. Jede der beiden Blüthen des Roggengrasährchens trägt ein Korn, welches nicht mit den inneren Spelzen verwächst, sondern unbeschalt und nackt ist. Die Körner sind walzenförmig, unten spitz zulaufend, oben stumpf und fein behaart. Je zwei solcher zweiblüthiger Roggengrasährchen stehen einander gegenüber, wodurch die Aehre vierzeilig wird. Die Halme des Roggens erreichen je nach dem Boden und den Witterungsverhältnissen eine Höhe von $3^1/_2$ bis 8 Fuß.

Es giebt im Roggengeschlecht nur eine Species, Secale cereale, es kommen jedoch manche Unterarten davon vor, von denen die folgenden die wichtigsten sind:

1) Der gemeine Winterroggen, Secale cereale hybernum. Er ist die in Norddeutschland am allgemeinsten angebaute Brotfrucht. Der Winterroggen erreicht die Höhe von $4^1/_2$ bis $6^1/_2$ Fuß, bildet Aehren mit stumpfen Spitzen, indem die Grasährchen wenigstens in den meisten Fällen bis zur Spitze der Aehre hinauf ihre beiden Körner reifen lassen. Eine Spielart des Winterroggens ist der

Probsteiroggen. Er zeichnet sich durch vollere und dünnhülsige Körner aus, er eignet sich namentlich für tiefere Gegenden, indem er in bergiger Lage leicht auswintert. Er hat den Nachtheil, daß die Körner bei feuchtem Erntewetter leicht auswachsen. Geht leicht in gemeinen Roggen zurück, es muß daher häufig das Saatgut erneuert werden.

2) Der gemeine Sommerroggen, Secale cereale aestivum. Er wird wenig und nur in solchen Lagen gebaut, wo das Winterkorn leicht auswintert. Wird 3 bis $4^1/_2$ Fuß hoch und trägt spitz zulaufende Aehren, weil die Grasährchen an der Spitze der Aehre körnerlos bleiben. Im Ertrage ist er um ein Viertel geringer als der Winterroggen.

3) Der Winterstaudenroggen, Secale cereale multicaule hybernum, auch russisches Korn genannt. Zeichnet sich durch kräftige Bestockung aus, weshalb man weit weniger Einsaat wie beim gewöhnlichen Roggen nehmen kann. Die Aussaat muß sehr früh geschehen,

die Ernte fällt zwei bis drei Wochen früher als bei anderen Roggenarten. Spielarten sind: der norwegische Staudenroggen, der schon nach Johannis gesäet werden muß und gut kalte Winter überdauert; der ägyptische Staudenroggen wintert leicht aus, liefert aber auf gutem Boden und unter günstigen Verhältnissen lange und volle Aehren; der Klebroggen oder Spätkorn, zeichnet sich durch starken, rothangelaufenen Halm aus, verträgt ein kaltes Klima sehr gut, seine Körner sind jedoch dickschaliger und liefern ein dunkleres Mehl wie der gemeine Roggen; das böhmische Staudenkorn, ist kleiner als der gewöhnliche Roggen, er wird in Böhmen zur Benutzung des Waldbodens nach Abtrieb des Holzes gebaut.

4) Das Sommerstaudenkorn oder Jerusalemskorn, Secale cereale multicaule aestivum. Auf kräftigem Boden liefern die im Frühjahr gesäeten Körner Halme und Aehren, die sich vom Winterkorn kaum unterscheiden, die Aehren laufen jedoch etwas spitz zu, da die obersten Grasährchen keine Körner ansetzen.

5) Der Schilfroggen, Secale cereale arundinaceum. Die Halme werden bis 8 Fuß hoch, die Blätter sind sehr breit, die Aehren weit länger und breiter wie beim gemeinen Roggen, jedoch flach und nicht ihrer Größe entsprechend kornreich. Die Körner sind lang und schön.

Das Mehl des Roggens unterscheidet sich dadurch von dem des Weizens, daß es nie so rein weiß wie jenes ist, sondern stets eine mehr oder weniger graue Farbe hat. Es ist dieses nicht dadurch bedingt, daß in das Roggenmehl beim Mahlen mehr Kleie übergeht, denn auch das mit allergrößter Sorgfalt dargestellte feinste Roggenmehl hat stets eine etwas graue Farbe. Die Bestandtheile des Roggenmehls sind im Wesentlichen dieselben wie die des Weizenmehls, der in ersterem enthaltene Kleber hat jedoch etwas andere Eigenschaften. Der Kleber des Weizenmehls ballt beim Kneten mit Wasser zusammen und läßt sich dadurch von der Stärke und den löslichen Bestandtheilen trennen, der Kleber des Roggenmehls zeigt dieses Verhalten nicht. Beim Kneten von Roggenmehl mit Wasser bildet sich ein Teig, der sich auf Zusatz von mehr Wasser zu einem Brei auflöst, aus dem man daher keinen Kleber abscheiden kann. Bei der Analyse des Roggenmehls hat man daher durch Behandlung mit kochendem Weingeist Pflanzencasein und Leim auszuziehen, durch Aufkochen des wäßrigen Auszuges einer besonderen Probe das Albumin abzuscheiden und endlich eine directe Stickstoffbestimmung vorzunehmen. Berechnet man dann nach dem gefundenen Stickstoffgehalt die Menge der plastischen Nährstoffe oder stickstoffhaltigen Substanzen, zieht von dieser die gefundene Menge des Albumins, Caseins und Leims ab, so ergiebt die Differenz den Gehalt von dem in Wasser und Alkohol unlöslichen Pflanzenfibrin. In der wäßrigen Lösung, aus welcher das Albumin abgeschieden ist, bestimmt man den Gehalt an Zucker und Gummi. In einer besonderen Probe durch Extraction mit Aether das Fett, durch Verbrennung der zurückbleibenden Substanz die Asche und endlich durch Trocknen einer Probe bei 100° den Wassergehalt. Der Gehalt an Stärke und Holzfaser ergiebt sich aus der Differenz. Die Holzfaser beträgt im Mehl durchschnittlich 1 Proc., man kann sie aber auch direct nach der Methode von Oudemans in der bei der Behandlung mit Wasser zurückbleibenden Substanz bestimmen. Auf diese Weise wurden die folgenden Analysen von v. Bibra ausgeführt.

Analysen von Roggenmehl nach v. Bibra:

	Mittelfranken. 1.	Mittelfranken. 2.	Unterfranken.
Wasser	14,609	14,530	14,402
Albumin	1,565	2,800	2,799
Pflanzenleim	2,920	1,833	1,730
Casein	0,900	0,920	0,807
Fibrin	7,361	7,735	7,374
Gummi	4,100	6,320	7,255
Zucker	3,465	3,027	2,500
Fett	1,800	2,505	2,389
Stärke und Holzfaser	64,289	69,330	60,844
Gesammtstickstoffgehalt	1,820	2,070	1,97
Stickstoff im Albumin, Leim, Casein	0,679	0,861	0,827
Stickstoff im Fibrin	1,141	1,209	1,143

Roggenmehl nach Horsford und Krocker:

	Aus Wien. Nr. 1.	Aus Wien. Nr. 2.	Aus Hohenheim. Schilfroggen.	Aus Hohenheim. Staudenroggen.
Kleber und Eiweiß	11,92	18,69	17,73	15,76
Stärke	60,91	54,48	45,09	47,42
Holzfaser, Gummi, Zucker	24,74	24,49	35,77	35,25
Asche	1,33	1,07	2,43	2,37
Wassergehalt der frischen Substanz	13,78	14,68	13,94	13,82

Nach Boussingault:

Kleber und Eiweiß	10,5
Stärke	64,0
Zucker	3,0
Gummi	11,0
Holzfaser	6,0
Fett	3,5

Nach Einhof und Greif:

Kleber	9,48	12,8
Eiweiß	3,28	3,0
Stärke	61,07	58,8
Zucker	3,28	10,4
Gummi	11,08	7,2
Holzfaser	6,38	—
Unbestimmte Stoffe u. Verlust	5,62	7,8

Roggenkleie nach v. Bibra:

Wasser	15,320
Albumin	2,150
Pflanzenleim	6,199
Casein	0,750
Fibrin	9,082
Gummi	10,400
Zucker	1,860
Fett	4,720
Holzfaser	28,533
Stärke	21,085
Gesammtstickstoff	2,802
Stickstoff im Albumin, Leim, Casein	1,395
Stickstoff im Fibrin	1,407

Nach Oudemans:

Asche	3,35
Wasser	14,55
Fett	1,86
Kleber und Albumin	14,50
Dextrin (Gummi?)	7,79
Stärke	38,19
Holzfaser	21,35
Stickstoff	2,23

Das ganze Korn des Roggens enthält:

	Nach Fürstenberg.	Nach Davy.
Kleber	3,96	9,5
Eiweiß	3,24	3,3
Stärke	65,32	61,0
Zucker		3,3
Gummi	3,78	11,1
Fett	1,92	—
Wasser	14,98	—
Kleie	6,70	—
Holzfaser	—	11,8

Winterroggen nach A. Müller:

	Gewicht eines Hektoliters 72,5 Kilogr.	58,57 Kilogr.
Wasser	18,34	16,46
Holzfaser	3,52	4,64
Asche	1,40	1,80
Stickstoffhaltige Substanz	9,08	10,06
Fett	2,33	2,81
Zucker	0,36	0,62
Stärkemehl	64,97	63,61

Dieses Korn war in demselben Jahre, auf demselben Felde gewachsen, aber durch Wurfen in zwei verschieden schwere Sorten getheilt, die Unterschiede sind aber gering und treten nicht so charakteristisch auf wie beim Weizen.

Dieselbe Untersuchung wurde später von Wunder fortgesetzt; von den folgenden Sorten wog ein Dresdener Scheffel von 1) 165,3 Pfd., von 2) 149 Pfd., von 3) 171 Pfd., von 4) 158 Pfd., außerdem analysirte er das aus 3) und 4) dargestellte feine Mehl, Schwarzmehl und die Kleie. Sie enthielten:

	Roggenkörner. 1.	2.	3.	4.
Wasser	17,94	17,49	16,95	17,55
Holzfaser	3,41	4,22	1,38	1,49
Asche	2,02	2,15	2,04	2,57
Stickstoffhaltige Substanz	9,53	10,00	8,96	9,67
Lösliche stickstofffreie Substanz	67,10	66,14	70,67	68,72

	Feines Mehl aus 3.	aus 4.	Schwarzmehl aus 3.	aus 4.	Kleie aus 3.	aus 4.
Wasser	13,62	14,12	11,40	11,03	10,01	10,15
Holzfaser	0,94	1,12	1,56	1,86	4,30	3,88
Asche	0,96	1,19	1,76	2,46	5,81	7,08
Stickstoffhaltige Substanz	8,06	8,19	11,88	12,44	13,85	14,87
Lösliche stickstofffreie Substanz	76,59	75,38	73,40	72,21	66,03	64,02

Roggenkörner nach Fehling und Faißt:

	von Sachsenhausen. 1850.	1851.	von Kirchberg. 1851.	von Ellwangen 1850.	1851.
Stickstoffhaltige Substanzen*)	12,32	13,20	13,83	14,20	10,40
Lösliche stickstofffreie Substanzen**)	83,70	83,59	81,83	81,51	85,25
Holzfaser	2,08	1,24	2,33	2,47	2,33
Asche	1,90	1,97	1,99	1,82	2,02

Bei den Untersuchungen von v. Bibra ergab sich für den Stickstoffgehalt im Durchschnitt, mit Hinweglassung der abnorm hoch oder niedrig erscheinenden Werthe bei

16	verschiedenen Roggensorten aus Deutschland	2,12 Proc. Stickstoff.
5	„ „ „ England und Schottland	1,90 „ „
2	„ „ „ Schweden	1,98 „ „

Man kann daher aus diesen Zahlen, die durch die Resultate anderer Forscher durchaus bestätigt werden, schließen, daß der Stickstoffgehalt des Roggens im Durchschnitt ebenso hoch wie der des Weizens ist.

Bei den Untersuchungen von W. Mayer über das Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff ergaben sich folgende Resultate:

		Phosphorsäure.	Stickstoff.	Wasser.	Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff.
1)	Sommerroggen von Schleißheim	0,869	2,05	14,16	100 : 234
2)	Winterroggen von Schleißheim	0,938	1,91	13,61	100 : 204
3)	„ „ Bromsberg	0,898	2,04	13,86	100 : 227
4)	„ „ Mönchshofen	0,886	2,04	11,77	100 : 215
5)	„ „ Tiefenellern	0,878	1,88	14,19	100 : 231
6)	„ „ Griesfeld	0,875	1,89	14,24	100 : 217
7)	„ „ Gelchsheim	0,867	1,95	13,12	100 : 214
8)	„ „ Gerhardtsbrunnen	0,859	1,84	14,06	100 : 225
9)	„ „ Illerfeld	0,856	2,04	13,59	100 : 238
10)	„ „ Litzendorf	0,798	1,68	14,31	100 : 204
11)	„ „ Friesdorf	0,779	1,65	13,74	100 : 211

Das bei 100° getrocknete Korn enthielt im Durchschnitt aller Zahlen 0,999 Proc. Phosphorsäure und 2,21 Proc. Stickstoff, beide stehen daher im Verhältniß wie 100 : 222.

Aehnliche Analysen wurden schon früher von Fehling und Faißt unternommen, sie erhielten folgende Resultate:

		Phosphorsäure.	Stickstoff.	Asche.	Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff.
1)	Roggen von Sachsenhausen 1850	0,97	1,91	1,90	100 : 197
2)	„ „ Hohenheim 1850	0,95	2,45	2,30	100 : 252
3)	„ „ Kirchberg 1851	0,87	2,14	1,99	100 : 246
4)	„ „ Hohenheim 1851	0,85	2,06	2,05	100 : 242
5)	„ „ Sachsenhausen 1851	0,78	2,05	1,97	100 : 263
6)	„ „ Ellwangen 1850	0,72	2,20	1,82	100 : 305
7)	„ „ Ellwangen 1851	0,67	1,61	2,02	100 : 240

Bei diesen Bestimmungen sind die Schwankungen im Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff weit größer wie bei denen von Mayer, so daß es kaum zulässig erscheint, hieraus Mittelwerthe abzuleiten.

*) Unter der Bezeichnung stickstoffhaltige Substanzen sind die Bestandtheile des Klebers und des Albumins begriffen.

**) Als lösliche stickstofffreie Substanzen sind begriffen Stärke, Zucker, Gummi, Fett ꝛc.

Roggenaschenanalysen nach v. Bibra:

	Körner. 1.	2.	3.	4.	5.	Mehl. 6.	Kleie. 7.	Pflanzenleim. 8.
Kali	35,55	33,08	32,17	29,37	37,54	38,44	27,00	7,45
Natron	3,52	1,75	2,50	3,35	0,30	1,75	1,34	—
Talkerde	10,87	14,37	12,38	10,77	12,42	7,99	15,82	7,22
Kalk	2,63	2,38	2,55	1,34	1,34	1,02	3,47	26,25
Phosphorsäure	42,38	44,05	47,36	50,35	43,85	48,26	47,88	57,38
Kieselsäure	1,85	1,40	1,00	1,44	1,70	—	1,99	—
Eisenoxyd, Schwefelsäure rc.	3,20	2,97	2,04	3,38	2,85	2,54	2,50	1,70
Aschengehalt in 100 Theilen trockner Substanz	1,97	2,03	2,51	2,00	1,99	1,97	8,22	4,30

Aschenanalysen von Roggenkörnern:

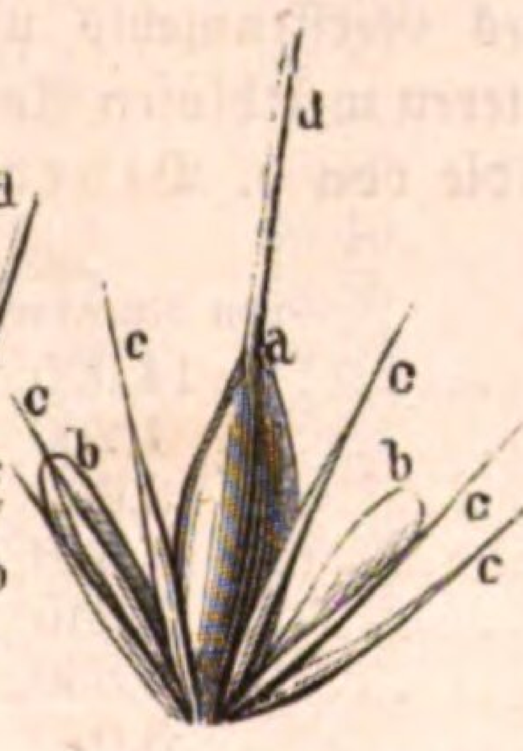
	Will u. Fresenius. (Gießen.)	Schulz-Fleeth.	Bichon. (Cleve.)	Grade-wohl.	Way u. Ogston. (Kidderminster.)
Kali	31,89	34,50	11,43	30,36	33,83
Natron	4,33	—	18,89	—	0,39
Talkerde	9,86	11,28	10,57	11,33	12,81
Kalk	2,84	2,75	7,05	3,06	2,61
Phosphorsäure	46,03	47,52	51,18	45,39	39,92
Schwefelsäure	0,17	—	0,51	—	0,18
Eisenoxyd	0,80	0,20	1,90	3,06	1,04
Kohle u. Sand	2,66	—	—	—	—
Kieselsäure	1,42	2,75	0,69	4,29	9,22(?)
Chlornatrium	Spur	0,90	—	—	—
Thonerde	—	—	—	2,08(?)	—
Asche in 100 Theilen trockner Körner	2,10	1,93	2,425	—	—

Gerste. Es werden vier verschiedene Gerstenspecies angebaut, zwei sechszeilige und zwei zweizeilige. Bei allen Gerstenarten stehen immer je drei Blüthen in Bündelchen neben einander und zwei solcher Bündelchen liegen einander gegenüber. Die sechszeiligen unterscheiden sich dadurch von den zweizeiligen, daß bei ersteren alle drei Blüthen eines großen Bündelchens fruchtbar sind, während bei den zweizeiligen nur die mittlere Blüthe eines jeden Bündelchens befruchtet wird; bei der sechszeiligen liegen sich daher immer je drei Körner mit ihren langen Grannen gegenüber, während die zweizeiligen nur zwei Reihen von Körnern zeigen, die nicht fruchtbaren Seitenblüthen bekommen daher keine Grannen und erscheinen später als kleine schmale Spelze, während die Mittelblüthe ein um so vollkommneres Korn liefert. In Fig. 290 ist ein Blüthenbündel der zweizeiligen

Fig. 290.



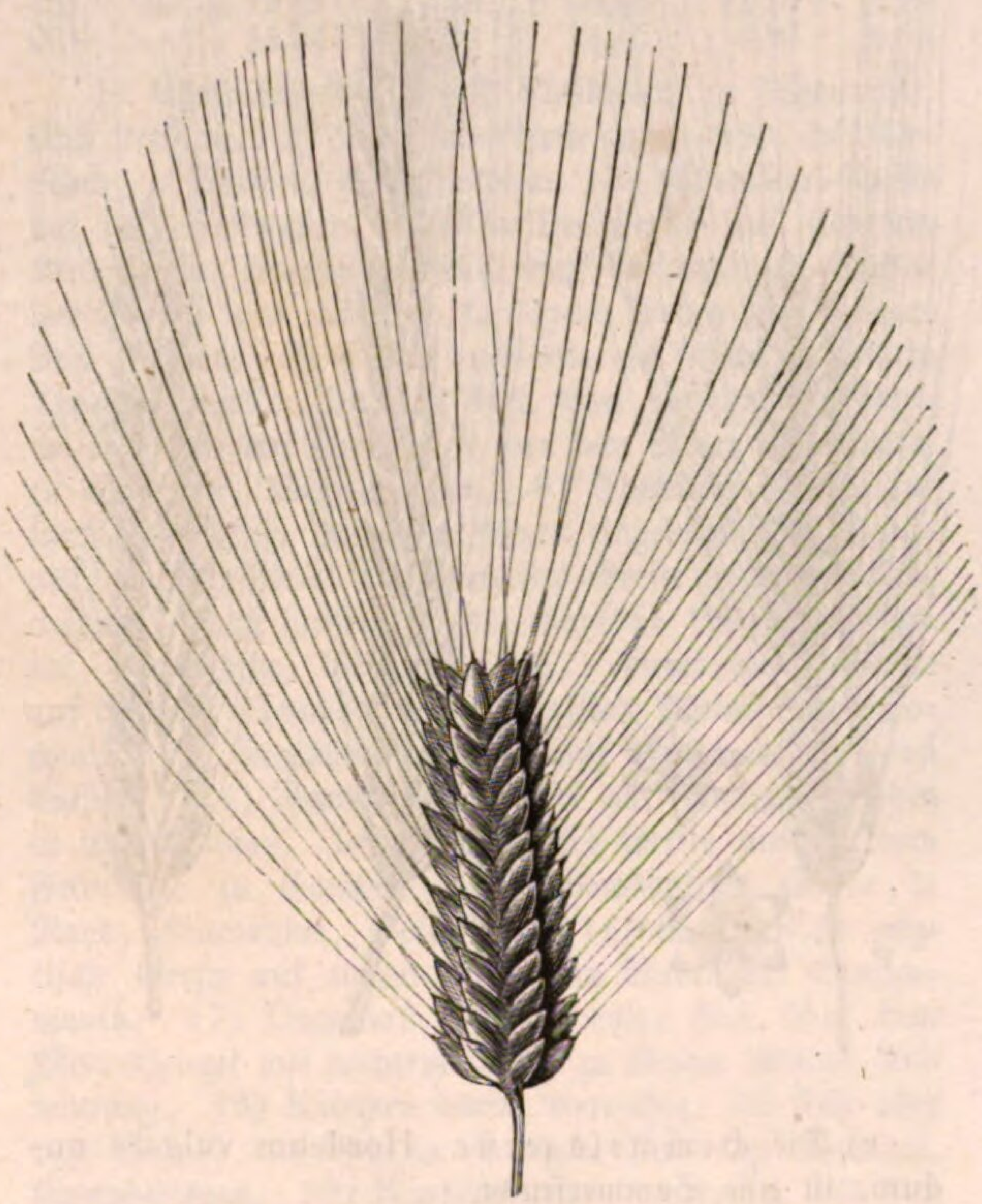
Fig. 291.



Gerste dargestellt; *a* ist die befruchtete Mittelblüthe mit der abgeschnittenen Granne *d*, *b* sind die unfruchtbaren Seitenblüthen, *c* sind die borstenartigen äußeren Spelze. Die sechszeilige Gerste ist in Fig. 291 dargestellt und ohne Beschreibung verständlich. Die einzelnen Species sind:

1) Die sechszeilige Gerste, Hordeum hexastichon, mit sechs regelmäßigen Zeilen; sie ist in Fig. 292

Fig. 292.



dargestellt. Sie ist eine Sommergerste und hat nur zwei Varietäten, die eine hat etwas längere, die andere mehr kurze gedrungene Aehren.

2) Die kleine oder vierzeilige Gerste, Hordeum vulgare, ist unregelmäßig sechszeilig, d. h. nur in zwei einander entgegengesetzten Zeilen liegt Korn auf Korn, während die Körner in den vier anderen Zeilen dachziegelartig gelagert sind. Die Stellung der Körner ergiebt sich aus Fig. 293 *D*, während *E* die Stellung der Körner bei der sechszeiligen Gerste zeigt. Die Aehre ist nicht rund wie bei der vorigen Art, sondern breitgedrückt und viereckig und endet oben mit vier sich im Kreuz gegenüberstehenden Körnern (Fig. 293). Man unterscheidet vier Unterarten, die wieder in Varietäten zerfallen.

a) Die Wintergerste, Hordeum vulgare hybernum.

b) Die gemeine kleine Sommergerste, Hor-

deum vulgare aestivum. Beide haben beschalte Körner, während die beiden folgenden nackte Körner haben.

Fig. 293.

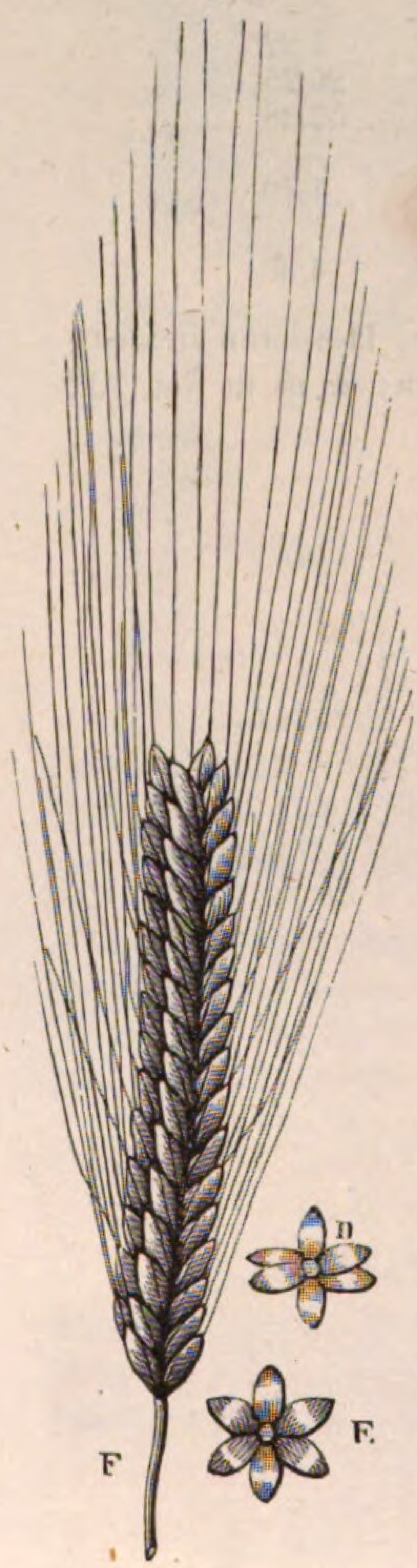


Fig. 294.



Fig. 295.



c) Die Himmelsgerste, Hordeum vulgare nudum, ist eine Sommerfrucht.

d) Die Büschelgerste oder Gabelgerste, Hordeum vulgare trifurcatum, unterscheidet sich von der Himmelsgerste nur durch die Abwesenheit der Grannen. Statt der Grannen besitzen die Spelze drei dicke kleine Spitzen, die wie Gabelzinken auslaufen, die Spelze haben auf ihrer Mitte drei erhabene Streifen.

3) Die große oder zweizeilige Gerste, Hordeum distichon, hat zweizeilige Aehren mit weitläufig gestellten und aufrecht gerichteten Körnern. Die Aehre ist breitgedrückt, an jeder der breiten Seiten bemerkt man die tauben Blüthen, die in zwei unregelmäßigen Zeilen liegen und sich als lange, schmale, grannenlose Spelze zeigen (s. Fig. 294). Unterarten:

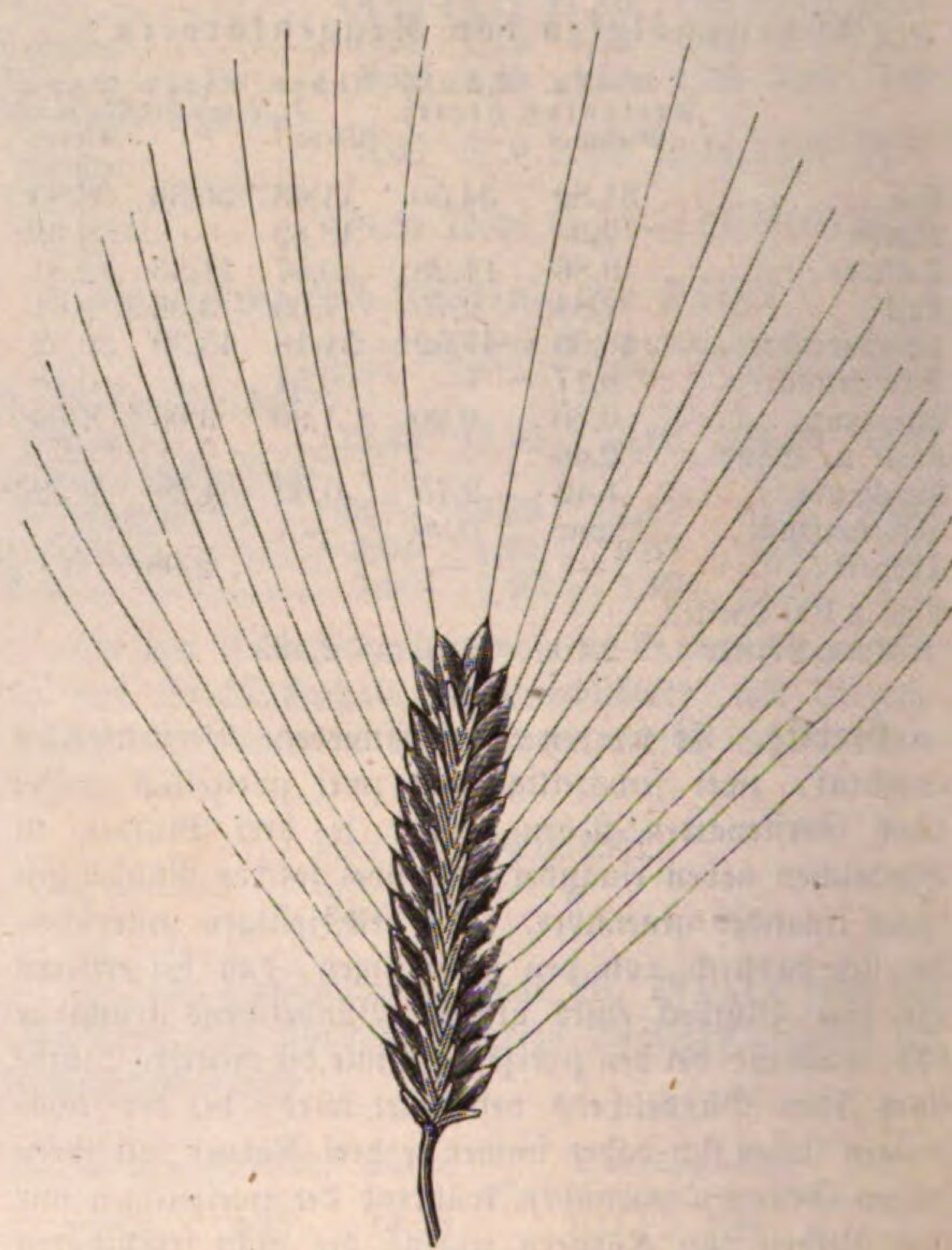
a) Die große zweizeilige Himmelsgerste, Hordeum distichon nudum.

b) Die gemeine zweizeilige Gerste, Hordeum distichon nutans, mit beschalten Körnern. Sommerfrucht. Es wird diese Art in Deutschland am häufigsten gebaut und gedeiht am besten.

c) Die Spiegelgerste, Hordeum distichon erectum, mit beschalten Körnern. Unterscheidet sich von der vorigen durch ihre dichter stehenden Körner (s. Fig. 295).

4) Die Reisgerste, Hordeum Zeocriton, zeichnet sich durch sehr gedrungene zweizeilige Aehren, durch abstehende Körner und durch halbkreisförmig stehende Grannen aus (Fig. 296). Sie ist kaum als eigene Species zu betrachten, sondern steht durch die Spiegelgerste, die den Uebergang bildet, in naher Beziehung zu der gemeinen großen Gerste.

Fig. 296.



Von vergleichenden Untersuchungen über die Zusammensetzung des Gerstenmehls und dessen Kleie sind uns außer zwei älteren werthlosen Analysen von Einhof und Proust nur die von v. Bibra bekannt. Derselbe fand:

	Gerstenmehl von Nürnberg.	Gerstenmehl von Cassel.	Gerstenkleie von Nürnberg.
Wasser	14,005	15,000	12,000
Albumin	1,200	1,634	1,740
Pflanzenleim	3,602	3,175	4,120
Casein	1,340	0,922	0,660
Fibrin	8,245	7,250	8,323
Gummi	6,330	6,744	6,885
Zucker	3,040	3,200	1,904
Fett	2,233	2,170	2,960
Stärke	53,155	59,905	42,008
Sand	6,850	—	—
Holzfaser	—	—	19,400
Gesammtstickstoffgehalt	2,230	2,011	2,300
Stickstoff im Albumin, Leim und Casein	0,952	0,888	1,010
Stickstoff im Fibrin	1,278	1,123	1,290

Fehling und Faißt untersuchten die Gerstenkörner und die daraus dargestellte Grütze, sie fanden:

	Jerusalemgerste von Hohenheim. 1850.	1851.	Gerste von Sachsenhausen. 1851.	Gerstengrütze. 1850.	1851.	Gerste von Kirchberg. 1850.	Gerste von Ellwangen. 1850.	1851.
Stickstoffhaltige Bestandtheile....	15,73	13,76	12,01	13,71	17,46	13,14	12,16	12,88
Lösliche stickstofffreie Substanz ..	78,60	78,55	81,08	82,92	78,60	79,81	81,04	97,53
Holzfaser....................	2,58	4,96	4,13	1,26	1,84	4,13	4,18	4,55
Asche.......................	2,82	2,73	2,78	2,11	2,10	2,92	2,62	3,04
Wasser	13,97	13,73	15,19	12,97	14,33	15,60	15,16	13,91
Stickstoff.....................	2,438	2,132	1,861	2,125	2,706	2,036	1,884	1,996

Analysen von Gerstenkorn:

	Wintergerste von Hohenheim.	Jerusalemgerste von Hohenheim.	Gerste aus Schottland.
	Nach Horsford u. Krocker.		Nach Thomson.
Kleber und Eiweiß	17,70	14,72	15,24
Stärke	38,31	42,34	39,86
Holzfaser, Gummi, Zucker	42,33	42,46	46,19
Asche.	5,52	2,84	3,26
Wassergehalt der frischen Körner	13,80	16,79	12,71
Stickstoff.............	2,74	2,28	2,36

	Gerstenkörner nach Polson.	nach Anderson.
Kleber	13,2	7,74
Gummi und Zucker .	4,2	72,27
Hülse und Faser	11,5	
Stärke	52,7	
Fett	2,6	1,88
Asche	2,8	2,14
Wasser	12,0	15,97
Stickstoff nach dem Kleber berechnet	2,046	—

	Gerstenkörner nach Ritthausen. Wintergerste.	Annatgerste.	Probsteigerste.
Wasser	16,14	14,18	14,07
Asche	2,27	2,6	2,4
Holzfaser........	8,48	6,43	7,3
Kleber und Eiweiß	8,50	11,16	10,17
Lösliche stickstofffreie Substanz *)	64,61	65,63	66,16
*) Darin Stärkemehl	39,8	44,0	40,52

Eine große Anzahl verschiedener Gerstenkörner, im Jahre 1856 in verschiedenen Gegenden Schottlands gebaut, wurden von Anderson analysirt. Sie enthielten in 100 Th.

	Gewicht pro Bushel. Pfd.	Wasser.	Stickstoffhaltige Stoffe.	Lösliche stickstofffreie Stoffe.	Holzfaser.	Asche.
1)	57	14,52	7,09	66,43	8,28	3,68
2)	56	14,82	6,91	66,57	8,57	3,13
3)	54	14,85	10,30	65,75	8,00	1,10
4)	55¼	12,76	8,22	70,57	5,94	2,51
5)	55	14,08	8,10	65,15	10,28	2,39
6)	—	15,29	7,96	66,40	5,65	4,70
7)	—	14,43	9,37	68,55	5,23	2,42
8)	—	14,30	8,69	64,52	9,67	2,82
9)	—	17,08	7,17	69,32	3,90	2,53
10)	53	14,11	11,18	65,00	6,64	3,07
11)	55¼	14,60	8,97	64,14	11,10	1,19
12)	54	13,82	11,09	65,84	6,15	3,10
13)	53½	12,47	9,39	70,33	5,25	2,56
14)	52	14,87	7,78	60,42	13,49	3,44
15)	—	13,58	7,02	68,06	7,84	3,50
16)	54	13,48	7,37	72,60	3,67	2,88
17)	51	14,22	10,25	62,85	10,08	2,60
18)	51	14,55	11,86	63,32	8,09	2,18
19)	52	13,87	11,38	60,93	11,10	2,72
20)	—	14,34	7,08	71,15	6,84	0,59

1) Chevalier-Gerste auf Kiesboden zu Phantassie, East Lothian. 2) Chevalier-Gerste auf reichem, dunklem Lehm zu Belton, East Lothian. 3) Chevalier-Gerste auf rothem Lehm. 4) Chevalier-Gerste auf scharfem Kies zu St. Mungo's Wells, East Lothian. 5) Chevalier-Gerste auf leichtem sandigem Boden zu Gullane, East Lothian. 6) Chevalier-Gerste auf schwerem rothem Thon zu Redside, Preston Kirk, East Lothian. 7) Chevalier-Gerste auf Thonboden, vor dem Regen eingebracht, zu Scougall, East Lothian. 8) Chevalier-Gerste auf sandigem Boden, nach dem Regen eingebracht, zu Scougall, East Lothian. 9) Chevalier-Gerste zu Nayd, Kincardine, Perthshire. 10) Gewöhnliche Gerste zu Carrat, Kincardine, Perthshire. 11) Gewöhnliche Gerste auf dünnem Thonboden, zu Coalston Mains, East Lothian. 12) Gewöhnliche Gerste auf Moorboden in East Lothian. 13) Gewöhnliche Gerste auf sandigem Boden in East Lothian. 14) Gewöhnliche Gerste auf trocknem Feldlande zu Campsie. 15) Gewöhnliche Gerste zu Nayd, Kincardine, Perthshire. 16) Gewöhnliche englische Gerste auf tiefem, schwerem Boden bei Grangemouth. 17) Common bere, wenige Fuß über dem Meeresspiegel auf leichtem Lehm, zu Nether Mains, Kilwinning. 18) Kintyre bere, vierreihig, 30 Fuß über dem Meere, auf leichtem sandigem Boden zu Trodigal, Campbeltown. 19) Kintyre bere, vierreihig, 40 Fuß über dem Meere, auf leichtem sandigem Boden zu Campbeltown. 20) Kintyre bere, vierreihig. Localität nicht bezeichnet.

Diese sämmtlichen Gerstensorten zeichnen sich durch einen auffallend niedrigen Gehalt an stickstoffhaltigen Bestandtheilen aus; nimmt man das Mittel aller zwanzig Analysen, so beträgt der Gehalt an Kleber, Eiweiß ꝛc. nur 8,85 Proc., entsprechend 1,37 Proc. Stickstoff, mithin auffallend viel weniger als in den obigen und nachfolgenden Analysen.

Die Untersuchungen von Fehling und Faißt über Stickstoff und Phosphorsäure ergeben:

		Phosphorsäure.	Stickstoff.	Asche.	Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff.
1)	Gerste von Hohenheim 1850	1,13	2,44	2,82	100 : 216
2)	„ „ Ellwangen 1850	1,13	1,88	2,62	100 : 166
3)	„ „ Kirchberg 1850	1,07	2,04	2,92	100 : 190
4)	„ „ Ellwangen 1851	1,07	1,99	3,04	100 : 186
5)	„ „ Sachsenhausen 1851	0,95	1,86	2,78	100 : 196
6)	„ „ Hohenheim 1851	0,86	2,13	2,73	100 : 248

Bei den Untersuchungen von Mayer über Stickstoff und Phosphorsäure ergaben sich folgende Zahlen:

		Phosphorsäure.	Stickstoff.	Wasser.	Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff.
1)	Vierzeilige Gerste von Schleißheim	0,980	1,86	13,16	100 : 191
2)	Zweizeilige „ „ Schleißheim	1,014	1,90	13,77	100 : 187
3)	„ „ „ Gerhardsbrunn	0,947	1,72	12,36	100 : 181
4)	„ „ „ Litzendorf	0,903	1,64	13,94	100 : 181
5)	„ „ „ Grisfeld	0,902	1,68	13,71	100 : 186
6)	„ „ „ Illerfeld	0,889	1,70	12,51	100 : 192
7)	„ „ „ Mönchshofen	0,807	1,73	10,75	100 : 199
8)	„ „ „ Gelchsheim	0,808	1,67	13,24	100 : 207
9)	„ „ „ Brennberg	0,806	1,59	13,02	100 : 197
10)	„ „ „ Friesdorf	0,786	1,68	14,02	100 : 215

Die bei 100° getrockneten, mit den Spelzen analysirten Gerstenkörner enthielten im Durchschnitt aus diesen Analysen 1,024 Proc. Phosphorsäure und 1,98 Proc. Stickstoff, beide stehen daher im Verhältniß wie 100 : 193.

Von Bibra machte in 16 verschiedenen Gerstensorten Stickstoffbestimmungen und erhielt dabei auffallend weit von einander abweichende Resultate. So gab die schwarze nackte Victoriagerste von Proskau im Mittel von drei Analysen nur 0,43 Proc. Stickstoff, bei drei Sorten schwankte der Gehalt zwischen 1,37 und 1,57 Proc., in acht Sorten zwischen 1,63 und 2,08 Proc., endlich in vier Sorten zwischen 2,25 und 2,50 Proc. Eliminirt man den Maximalwerth 2,50 und die Minimalwerthe unter 1,60, so ergiebt sich ein mittlerer Stickstoffgehalt von 1,90 Proc. Es muß jedoch bemerkt werden, daß die zu diesen Analysen bestimmten Körner vorher, soweit es ohne Anwendung eines Messers thunlich war, von ihren Spelzen befreit waren.

Aschenanalysen von Gerstenkörnern:

	Aschengehalt in 100 Th. frischer Körner.	Aschengehalt in 100 Th. trockner Körner.	Kali.	Natron.	Magnesia.	Kalk.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Eisenoxyd.	Chlornatrium.	Chlorkalium.
1	2,04	—	19,1	—	7,6	3,6	31,2	3,4	33,2	2,30	2,3	—
2	—	—	3,91	16,97	10,05	3,34	40,63	0,26	21,99	1,93	—	—
3	—	—	20,91	—	6,91	1,67	38,48	—	29,10	2,10	—	—
4	2,50	—	29,50	—	15,90	2,90	47,0	1,00	1,30	—	—	—
5	3,05	—	16,00	8,86	4,30	3,23	36,80	0,16	29,67	0,83	—	—
6	2,70	—	13,75	6,75	8,60	2,21	39,80	0,17	25,65	1,07	—	—
7	1,90	—	21,1	1,3	7,2	4,5	29,7	2,4	34,0	2,44	—	—
8	2,14	2,43	21,14	—	7,26	1,65	28,53	1,91	30,68	2,13	1,01	5,65
9	2,25	2,50	20,77	4,56	7,45	1,48	31,69	0,79	32,73	0,51	—	—
10	2,12	2,43	31,55	1,06	10,17	1,21	28,64	0,27	24,56	1,02	1,47	—
11	—	2,09	20,20	1,00	12,47	1,35	36,88	3,47	23,55	1,08	—	—
12	—	2,83	17,25	2,40	11,03	3,22	38,74	3,04	24,00	0,32	—	—
13	—	1,99	16,33	4,14	12,53	1,74	32,82	2,98	28,74	1,72	—	—
14	—	2,30	21,05	6,00	8,10	1,60	34,28	3,50	24,40	1,07	—	—
15	—	1,80	18,77	2,01	11,04	3,74	34,55	4,00	24,90	0,99	—	—
16	—	1,93	17,00	0,79	14,70	2,88	38,22	2,79	22,09	1,35	—	—
17	—	—	26,42	1,30	16,31	1,76	48,24	4,54	—	1,43	—	—
18	—	—	22,69	3,15	14,51	4,24	50,97	4,00	—	0,44	—	—
19	—	—	22,91	5,80	17,58	1,04	46,05	4,18	—	2,44	—	—
20	—	—	27,97	7,93	10,72	2,11	45,35	4,63	—	1,29	—	—
21	—	—	24,99	2,55	14,00	4,98	46,90	5,32	—	1,16	—	—
22	—	—	32,38	1,27	19,35	3,76	48,13	3,67	—	1,54	—	—
23	—	2,53	24,36	3,54	9,59	3,54	49,40	2,75	5,49	1,33	—	—
24	—	2,03	25,00	0,97	12,70	2,86	46,87	3,03	4,77	3,80	—	—
25	—	2,33	28,77	2,54	13,50	2,80	47,29	3,10	—	2,00	—	—
26	—	2,53	23,30	1,72	14,05	3,09	52,08	2,83	—	2,93	—	—

1) Gerstenkörner von Evesham nach Daubeny. 2) Gerstenkörner von Cleve nach Bichon. 3) Gerstenkörner von Leipzig nach Schmidt. 4) Gerstenkörner aus Frankreich nach Boussingault. 5) Gerstenkörner aus Schottland nach Thomson. 6) Gerstenkörner aus Neufchatel nach Köchlin. 7) Gerstenkörner aus Essex nach Daubeny. 8) Gerstenkörner aus Dorset nach Way und Ogston. 9) Chevalier-Gerste aus Dorset nach Way und Ogston. 10) Moldauer-Gerste aus Dorset nach Way und Ogston. 11) Schottische Gerste von Friesdorf nach v. Bibra. 12) Jerusalems-Gerste von Weihenstephan nach v. Bibra. 13) Winter-Gerste von Schwebheim nach v. Bibra. 14) Schwarze Gerste aus Schottland nach v. Bibra. 15) Schwarze abyssinische Gerste von Eldena nach v. Bibra. 16) Gerste von den balearischen Inseln Mallorca Palma nach v. Bibra. 17) bis 22) Dieselben wie 11 bis 16 nach Abzug der Kieselsäure. 23) Nackte zweizeilige

Gerste von Poppelsdorf nach v. Bibra. 24) Nackte Gerste von Friesdorf nach v. Bibra. 25) Gerstenmehl von Nürnberg nach v. Bibra. 26) Gerstenkleie von Nürnberg nach v. Bibra; beide frei von Kieselsäure berechnet.

Die Asche des Gerstenkornes unterscheidet sich von der des Weizens und Roggens vorzüglich durch ihren hohen Gehalt an Kieselsäure. Es kommt dieses daher, daß die Kieselsäure vorzugsweise in den Spelzen abgelagert ist, welche beim Weizen und Roggen durch das Dreschen entfernt werden, bei der Gerste aber am Korn haften bleiben. Um nun einen Vergleich mit der Zusammensetzung der anderen Aschen zu ermöglichen, wurde von v. Bibra der Kieselsäuregehalt der Aschen bei den Analysen 11 bis 16 in Abzug gebracht und darnach die muthmaßliche procentische Zusammensetzung der Asche von von Spelzen befreiten Gerstenkörnern berechnet. Absolut richtig ist diese Berechnung allerdings nicht, da die Asche der Spelze nicht bloß aus Kieselsäure besteht, sondern nur etwa 70 Proc. davon enthält; man wird aber durch die so gefundenen Zahlen wenigstens eine sehr nahe Vergleichung der drei Körneraschen haben.

Das zur Analyse benutzte Gerstenmehl von Nürnberg und die daraus dargestellte Kleie enthielt eine sehr bedeutende Menge Sand, die in der Analyse des Mehles oben S. 1172 mit 6,85 Proc. in Rechnung gebracht ist. Es mußte daher die Asche des Mehles und der Kleie nach Abzug des Sandes und der Kieselsäure berechnet werden. Die Zahlen der zweiten Columme der Tabelle bezeichnen daher bei diesen beiden Analysen die Menge der Aschen, welche 100 Th. Mehl und Kleie nach Abzug der Kieselsäure und des Sandes hinterließen.

Hafer. Der Hafer ist als Brotfrucht jedenfalls nur von untergeordneter Bedeutung und wird auch nur in solchen Gegenden genossen werden, deren Boden und Klima nichts Anderes als den Haferbau gestattet. Im schottischen Hochlande hat man Gelegenheit, das Haferbrot kennen zu lernen, es wird aber so leicht Niemand Geschmack an dem trocknen faden Gebäck finden und nur die Noth oder vieljährige Gewohnheit läßt es genießbar erscheinen.

Es werden zwei verschiedene Species von Hafer gebaut, der gemeine oder Rispenhafer, Avena sativa, und der Fahnen-, Stangen- oder Kammhafer, Avena orientalis. Beide bilden in ihrem Blüthenstande eine Rispe, d. h. die Aehrchen, worin die Haferkörner sitzen, hängen an verzweigten Blüthenästen. Der Rispenhafer sperrt seine Rispenäste wagerecht aus, der Fahnenhafer hat fast aufrecht gerichtete, an einander liegende Rispenäste, oder wie man sagt, eine gedrungene Rispe, auch wenden sich bei ihm die Rispen mehr nach einer Seite hin.

1) Der gemeine oder Rispenhafer wird am allgemeinsten angebaut, er kommt vor mit lichtgelben, goldgelben, braunen und schwarzen Körnern, und von diesen Abarten ist der mit lichtgelben oder weißen Körnern am weitesten verbreitet. Von diesem sind die folgenden die wichtigsten Varietäten:

a) Der gemeine weiße Hafer, Avena sativa alba vulgaris, findet sich mit und ohne Grannen, beide Arten sind jedoch nicht constant, indem der grannige grannenlos und der grannenlose grannig wird.

b) Der Frühhafer oder Augusthafer, Avena sativa alba praecox, ist eine constante Sorte, die sich durch ihre Frühreife auszeichnet.

c) Der schwerkörnige oder podolische Hafer, zeichnet sich durch breitere Blätter und breitere kürzere Spelzen aus, trägt auch ein breiteres kürzeres Korn.

d) Der dreikörnige, Doppel-, Klump- oder Gäbeleshafer, Avena sativa alba trisperma, hat in den Aehrchen drei Körner, die aber sehr leicht sind.

e) Der Grützhafer oder chinesische Hafer, eine sehr schlechte Varietät. Man erkennt ihn leicht an den drei bis vier Blüthen der Aehrchen, welche weitläufig an einem langen Stielchen sitzen und die äußeren Spelzen oder Klappen weit überragen. Die Körner sind nackt, doch gleich wie beim Roggen und Weizen unbeschalt.

f) Der Winterhafer, Avena sativa hyberna, gedeiht in unserem Klima nicht und wird nur in England gebaut.

g) Der Goldhafer, Avena sativa aurea, hat goldgelbes Stroh und goldgelbes Korn, kommt grannenlos und mit Grannen vor, liefert gute Ernte und zeichnet sich vor dem gewöhnlichen weißen Hafer vortheilhaft dadurch aus, daß er nicht so leicht lagert.

h) Der Eichelhafer oder braune Hafer, Avena sativa fusca, mit braunen Körnern und langem Stroh.

i) Der schwarze Hafer oder Mohrhafer, ist von dem vorigen sehr verschieden, hat schwarzes Korn, kurzes Stroh und reift mit dem Weizen. Er gedeiht sehr gut in rauher Lage, schüttet reichlich und liefert volle Körner.

2) Der Fahnenhafer, Avena orientalis, kommt weiß- und schwarzkörnig, begrannt und grannenlos vor, lagert sich sehr schwer, giebt reiche Erträge an Korn und Stroh. Er erfordert aber zu seinem Gedeihen ein mildes Klima und milden Boden, reift spät, giebt ein rohriges festes Stroh, ein dickschaliges Korn und drischt sich sehr schwer, ist aber in solchen Gegenden, wo man Lager befürchtet, sehr zu empfehlen.

Das Hafermehl enthält nach den Untersuchungen v. Bibra's in 100 Th.:

	Hafermehl aus dem Spessart. 1.	2.
Wasser	11,700	12,330
Albumin	1,242	1,524
Pflanzenleim	3,250	3,000
Casein	0,150	0,170
Unlösliche, stickstoffhaltige Substanz (Fibrin)	14,845	11,377
Gummi	2,810	3,500
Zucker	2,190	2,243
Fett	5,675	6,829
Stärke	58,138	59,027
Gesammtstickstoffgehalt	3,020	2,477
Stickstoff im Albumin, Leim, Casein	0,719	0,727
Stickstoff in der fibrinartigen Substanz	2,301	1,75

	Geschälter Hafer nach Poggiale.
Wasser	14,24
Stärkemehl	61,85
Stickstoffhaltige Substanz	11,25
Fett	6,11
Holzfaser	3,46
Asche	3,09

Das Fibrin des Hafers unterscheidet sich noch mehr als das des Roggens und der Gerste von dem des Weizens, indem ihm alle plastischen Eigenschaften vollständig abgehen, so daß das mit Hafermehl bereitete Brot schon nach kurzer Zeit zerbröckelt und sich durch Trockenheit vor allen anderen Brotarten auszeichnet.

Das Haferkorn enthält:

	Nach Norton.				Nach Fromberg.		Nach Boussingault.
	Hopetonhafer.			Potatoehafer.	Hopetonhafer.		Französischer Hafer.
Stärke	64,79	65,24	64,80	65,60	64,79	46,80	46,1
Zucker	2,09	4,51	1,58	0,80	2,09	2,58	3,8
Gummi	2,12	2,10	2,41	2,28	2,12	2,41	6,0
Oel	6,41	5,44	6,97	7,38	6,41	6,97	6,7
Avenin (Pflanzenleim u. Casein)	17,72	15,76	16,26	16,29	17,72	16,26	13,7 (Avenin, Eiweiß, Kleber zusammen)
Eiweiß	1,76	0,46	1,29	2,17	1,76	1,29	
Kleber	1,33	2,47	1,46	1,45	1,33	1,46	
Holzfaser	2,84	1,18	2,39	2,28	2,84	2,39	23,7 (Holzfaser und Asche zusammen)
Asche	0,94	2,36	1,84	1,75	0,94	1,84	
Stickstoffgehalt	2,28	2,19	2,35	2,76	—	—	—

	In 100 Theilen trockner Substanz.					
	Stickstoffhaltige Substanz.	Lösliche stickstofffreie Substanz.	Holzfaser.	Asche.	Wassergehalt der frischen Körner.	
Kamtschatka-Hafer von Hohenheim 1850	15,59	70,24	11,39	2,78	12,75	Fehling und Faißt.
„ „ „ 1851	14,11	73,10	9,90	2,89	14,13	
Hafer von Sachsenhausen 1850	12,37	74,25	10,37	3,01	12,47	
„ „ „ 1851	11,62	75,35	10,37	2,66	12,96	
„ „ Kirchberg 1850	11,53	75,21	10,37	2,89	13,27	
„ „ „ 1851	13,04	73,64	10,37	2,95	13,43	
„ „ Ellwangen 1850	12,02	75,12	10,21	2,65	13,71	
„ „ „ 1851	10,69	76,41	10,00	2,90	12,59	
Kamtschatka-Hafer von Hohenheim	17,99	83,08	—	4,14	12,94	Krocker.
Weißer Rispenhafer	12,17	84,74 (Lösliche Substanz und Holzfaser zusammen)		3,09	9,46	Horsford.
Sandwich-Hafer, englisches Saatgut 1854	9,51	73,35	14,14	3,00	—	Stöckhardt.
„ „ in Sachsen gewachsen 1855	11,65	71,20	13,71	3,44	—	
Potatoe-Hafer, englisches Saatgut 1854	9,76	74,26	13,72	2,26	—	
„ „ in Sachsen gewachsen 1855	12,09	71,87	13,14	2,90	—	
Jütländischer Hafer, englisches Saatgut 1854	9,19	74,82	12,73	3,26	—	
„ „ in Sachsen gewachsen 1855	11,78	72,70	12,42	3,10	—	

	Nach Alex. Müller. Weißhafer. Gewicht eines Hektoliters 59,12 Kilogr.	43,21 Kilogr.	Nach Anderson.
Wasser	14,70	14,64	12,66
Asche	2,74	2,68	2,66
Stickstoffhaltige Substanz	9,00	8,52	10,16
Fett	6,56	6,18	6,12
Zucker	2,40	2,53	68,40 (Zucker, Stärkemehl, Holzfaser zusammen)
Stärkemehl	56,14	54,71	
Holzfaser	8,46	10,74	

Bei den Untersuchungen von W. Mayer (1 bis 9) und bei denen von Fehling und Faißt (10 bis 17) über das Verhältniß des Stickstoffs zur Phosphorsäure ergaben sich folgende Zahlen:

		Phosphorsäure.	Stickstoff.	Wasser.	Verhältniß von Phosphorsäure zu Stickstoff.
1)	Hafer von Friesdorf	0,838	1,56	13,13	100 : 186
2)	„ „ Illerfeld	0,821	1,67	11,79	100 : 203
3)	„ „ Gerhardsbrunn	0,778	1,66	13,62	100 : 213
4)	„ „ Litzendorf	0,767	1,46	12,81	100 : 191
5)	„ „ Schleißheim	0,757	1,58	13,14	100 : 209
6)	„ „ Brennberg	0,754	1,56	12,36	100 : 207
7)	„ „ Grisfeld	0,718	1,60	13,86	100 : 182
8)	„ „ Gelchsheim	0,707	1,29	16,40	100 : 223
9)	„ „ Tiefenellern	0,691	1,40	13,81	100 : 203
		Wasserfrei berechnet:		Asche.	
10)	„ „ Hohenheim 1851	0,98	2,03	2,89	100 : 207
11)	„ „ „ 1850	0,85	2,25	2,78	100 : 264
12)	„ „ Sachsenhausen 1851	0,83	1,80	2,66	100 : 217
13)	„ „ Kirchberg 1850	0,82	1,79	2,89	100 : 218
14)	„ „ „ 1851	0,81	2,02	2,95	100 : 249
15)	„ „ Sachsenhausen 1850	0,80	1,92	3,01	100 : 240
16)	„ „ Ellwangen 1850	0,79	1,86	2,65	100 : 235
17)	„ „ „ 1851	0,66	1,66	2,90	100 : 236

Nach W. Mayer enthält daher der trockne Hafer im Durchschnitt 0,876 Proc. Phosphorsäure und 1,77 Proc. Stickstoff, beide stehen in dem Verhältniß wie 100 : 202; nach Fehling und Faißt 0,82 Proc. Phosphorsäure und 1,91 Proc. Stickstoff, im Verhältniß wie 100 : 233.

Von Bibra bestimmte den Stickstoffgehalt in 16 verschiedenen Hafersorten, deren Körner vorher jedoch von den Spelzen befreit waren; es ergaben sich dabei Schwankungen von 1,57 Proc. (schwarzer Fahnenhafer von Weihenstephan) bis zu 3.26 Proc. (Hafer von Schwebheim); eliminirt man die zwei Maximalwerthe von 3,26 und 2,53 Proc. und die zwei Minimalwerthe 1,63 und 1,57 Proc., so ergiebt sich für den durchschnittlichen Stickstoffgehalt des entspelzten Haferkornes 2,07 Proc. Berücksichtigt man dabei, daß Mayer und Fehling und Faißt mit ganzen Körnern arbeiteten, so ist anzunehmen, daß v. Bibra's Werthe ungefähr in die Mitte der Durchschnittszahlen jener fallen.

Zusammensetzung der Haferkornasche.

	Aschengehalt in 100 Theilen frischem Korn.	Aschengehalt in 100 Theilen trocknem Korn.	Kali.	Natron.	Magnesia.	Kalk.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Eisenoxyd.	Chlornatrium.	Chlorkalium.
1	—	—	12,3	—	7,7	3,7	14,9	1,0	53,3	1,3	—	1,0
2	2,27	2,50	17,80	3,84	7,33	3,54	26,46	1,10	38,48	0,49	0,92	—
3	2,45	2,73	19,70	1,35	8,25	1,31	18,87	0,10	50,03	0,27	0,07	—
4	2,65	2,97	24,30	5,51	8,26	2,65	14,49	1,74	41,86	0,69	0,45	—
5	3,31	3,80	16,35	5,27	5,90	8,35	16,19	4,01	43,20	0,09	—	—
6	2,75	3,12	13,97	1,50	8,82	4,22	21,53	0,13	49,44	0,36	—	—
7	4,00	—	12,90	—	7,70	3,70	14,90	1,00	53,30	1,30	—	—
8	2,22	—	21,22	—	11,26	6,69	38,48	18,36	3,60	—	—	—
9	2,14	—	31,15	—	8,64	5,21	49,19	2,54	1,73	0,80	—	—
10	—	2,83	19,24	2,44	6,03	3,00	25,14	3,07	39,00	0,42	1,66	—
11	—	3,09	18,30	4,20	6,03	2,17	17,39	1,45	48,13	0,40	1,93	—
12	—	2,93	15,00	3,29	8,25	3,77	24,47	1,80	41,19	0,73	1,50	—
13	—	—	31,54	4,00	9,88	4,91	41,14	5,03	—	0,68	2,72	—
14	—	—	35,26	8,09	11,62	4,18	34,15	2,21	—	0,77	3,72	—
15	—	—	25,50	5,59	14,02	6,14	41,63	3,06	—	1,24	2,55	—
16	—	—	28,93	6,24	11,91	5,75	43,04	1,79	—	0,79	1,49	—
17	—	—	39,40	2,50	16,10	2,62	38,40	0,20	—	0,54	0,14	—

1) Hafer aus dem Elsaß nach Boussingault. 2) Hopeton-Hafer aus Dorset nach Way und Ogston. 3) Kartoffelhafer aus Dorset nach Way und Ogston. 4) und 5) Polnischer Hafer aus Dorset nach Way und Ogston. 6) Hafer von Cirencester nach Way und Ogston. 7) Hafer aus Frankreich nach Boussingault. 8) Kartoffelhafer aus Schottland nach Norton, ohne Spelzen. 9) Hopeton-Hafer aus Schottland nach Norton, ohne Spelzen. 10) Hafer aus Schwebheim nach v. Bibra. 11) Hafer aus Spiesheim nach v. Bibra. 12) Hafer aus Spanien nach v. Bibra. 13) bis 15) Dieselben wie 10 bis 12 nach Abzug der Kieselsäure. 16) und 17) Dieselben wie 2 und 3 nach Abzug der Kieselsäure.

Ebenso wie bei der Gerste zeichnet sich die Zusammensetzung der Haferasche durch ihren hohen Gehalt an Kieselsäure aus. Die Kieselsäure ist aber nicht ein Bestandtheil des Korns, sondern sie ist wenigstens zum bei weitem größten Theil in den Spelzen enthalten, wie aus den Analysen 8 und 9 von entspelztem Hafer hervorgeht. Um eine Vergleichung mit anderen spelzfreien Getreidekörnern zu ermöglichen, wurden die Analysen 10, 11, 12; 2 und 3 von v. Bibra kieselsäurefrei berechnet.

Nachweis der Literatur

über neuere Untersuchungen von Getreidekörnern.

Fehling u. Faißt, Untersuchung würtembergischer Getreidesorten: Dingl. Journ. 124, 223; Chem. Centralbl. 1852, 618.

Anderson, Verschiedene Nahrungsstoffe: Transactions Highl. Society, Juli 1851 bis März 1853, 456.

Völcker, Hafer: ebendaselbst S. 552.

E. Wolf, Schrot von Roggen, Gerste, Hafer: Zeitschrift f. Deutsche Landw. 1853, 118.

Reiset, Weizen: Ann. de Chim. et de Physique [3] 39, 22; Dingl. Journ. 129, 298.

Poggiale, Weizenkleie: Compt. rend. 37, 171; Dingl. Journ. 129, 376; 131, 286; Journ. f. prakt. Chem. 60, 324.

Payen u. Peligot, Weizen: Ann. d'Agric. franç. 1854, I, 88.

Payen u. Poinset, Weizen: ebendaselbst S. 92.

Millon, Weizen: Compt. rend. 38, 12; Journ. f. prakt. Chem. 61, 340; Chem. Centralbl. 1854, 110, 134.

Ritthausen, Gerste: Vierter Bericht der Versuchsstation Möckern, 76.

Anderson, Kleie: Transactions Highl. Society, Jan. 1854, 197; Oct. 1854, 408; Chem. Centralbl. 1854, 291, 914.

A. Müller, Einfluß des Gewichts auf die Zusammensetzung von Roggen, Weizen und Hafer: Henneberg's Journ. f. Landw. 3, 190; 4, 23.

Pierre, Ertrag und Stickstoffgehalt verschiedener Weizen: Compt. rend. 41, 47; Ann. d'Agric. franç. 6, 87.

Stöckhardt, Hafer: Chem. Ackersmann 1856, 179.

Polson, Verschiedene Nahrungsmittel: Chem. Gaz. 1855, 211; Journ. f. prakt. Chemie 66, 320.

Poggiale, Verschiedene Nahrungsmittel: N. Journ. Pharm. 30, 180 u. 255.
Mège-Mouriès, Cerealin: Compt. rend. 37, 775; 38, 351, 505; Dingl. Journ. 131, 301; 132, 141; Compt. rend. 42, 1122; 44, 40 u. 449; Dingl. Journ. 144, 209, 373; 145, 316; Compt. rend. 46, 126; 48, 431; 50, 467; Dingl. Journ. 148, 220; 155, 319; 156, 231.
Wunder, Roggen, Gerste, Mehl und Kleie: Sächsisches Amts- und Anzeigeblatt 1857, 33.
Poggiale, Aegyptischer Weizen: Compt. rend. 49, 128; Chem. Centralbl. 1859, 844.
Anderson, Gerste: Transactions Highl. Society, März 1858, 289; Chem. Centralbl. 1858, 327.
Oudemans, Kleie: Chem. Centralbl. 1858, 727; Rep. de Chim. appl. 1, 185.
Peligot, Kleienuntersuchungen Oudemans nicht exact: Rep. de Chim. appl. 1, 186.
Dietrichs, Weizenkleie: Zeitschr. f. Kurhessen 1858, 110.
W. Mayer, Getreideuntersuchungen: Ann. Chem. Pharm. 101, 129.
Von Bibra, Die Getreidearten und das Brot. Nürnberg. Erste Aufl. 1860; zweite Aufl. 1861.

Die Getreidekörner werden, ehe man Brot aus ihnen bereitet, gemahlen, womit man nicht allein eine mechanische Zerkleinerung bezweckt, sondern gleichzeitig eine mechanische Trennung der Bestandtheile des Korns vornimmt, insofern man dabei die äußeren Hüllen der Körner entfernt und nur den inneren Theil, den Mehlkern, zur Brotbereitung verwendet. Es ist unbestreitbar, daß mit diesen Hülsen oder der Kleie ein großer Theil der werthvollsten Bestandtheile des Korns entfernt wird, wie aus obigen Analysen hervorgeht. Wir werden später sehen, auf welche Weise man gesucht hat, diese Verluste so weit als thunlich zu verringern und wenigstens einen Theil der Kleie, welche sonst nur als Viehfutter zu verwerthen ist, ohne der Qualität des Brots zu schaden, doch in dieses überzuführen.

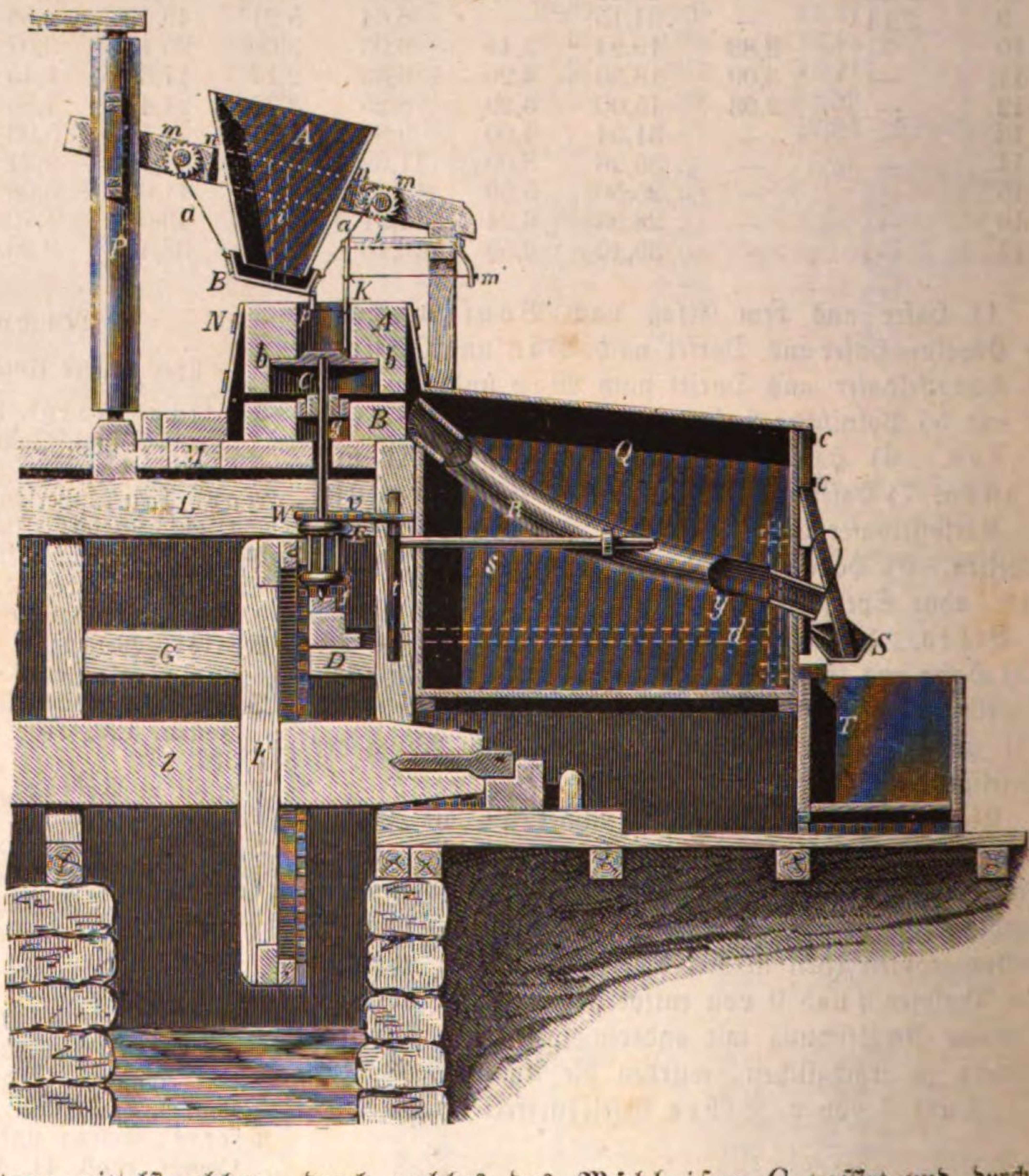
Bei den Mahlvorrichtungen unterscheidet man die gewöhnliche deutsche Mühle und die sogenannten Kunstmühlen, von denen die letzteren mit mannigfachen Abänderungen von Frankreich, England und Amerika zu uns gekommen sind.

Die gewöhnliche deutsche Mühle in ihrer einfachsten Construction ist in Fig. 297 dargestellt. Man hat daran folgende Haupttheile zu unterscheiden: das Rumpfzeug, welches das Mahlgut den Steinen zuführt; das eigentliche Mahlwerk, aus zwei rotirenden Steinen bestehend; den Bewegungsmechanismus; und endlich die Beutelvorrichtung, mittelst welcher die zermahlenen Körner in Mehlsorten von größerer oder geringerer Feinheit ausgesiebt werden.

Das Rumpfzeug besteht aus dem eigentlichen Rumpfe, einem vierseitigen oben und unten offenen Kasten A, der unten spitz zuläuft und in einem hölzernen Gestelle $n\,n$ ruht, welches an der hölzernen drehbaren Säule P befestigt ist, so daß durch eine Drehung dieser Säule das ganze Rumpfzeug entfernt werden kann. Unterhalb des Rumpfes hängt in ledernen Riemen $a\,a$ ein unten geschlossener Kasten B, der Schuh. Je nachdem die Lederriemen a durch Umdrehen der Sperrräder $m\,m$ mehr verlängert oder verkürzt werden, wird die Oeffnung zwischen dem Rumpf und dem Schuh vergrößert oder verkleinert und mithin das in den Rumpf geschüttete Getreide mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit aus dem Schuh ausfließen, oder endlich kann durch größere Hebung des Schuhes der Ausfluß ganz unterbrochen werden. Durch einen besonderen Mechanismus wird dem Schuhe während des Mahlens eine schüttelnde Bewegung ertheilt, welche den Ausfluß des Getreides befördert.

Das Mahlwerk wird durch die beiden Steine A und B gebildet, von denen der letztere, der Bodenstein, fest und unbeweglich liegt und von einem Mauerwerk, dem Steingeschlinge, in seiner Lage erhalten wird. Durch den Bodenstein geht eine cylindrische Oeffnung, das Auge,

Fig. 297.



durch welches das Mühleisen C passirt und durch die in dem Auge festgekeilte Büchse g in seiner richtigen Lage erhalten wird. Dieses Mühleisen trägt den oberen

Stein oder den **Läufer**, welcher ebenfalls ein rundes Auge hat und in dessen Mitte ein schmales wagerecht liegendes Eisen, die **Haue** *bb*, angebracht ist, in deren Mitte sich eine vierseitig pyramidale Oeffnung, das **Hauloch** befindet, die so groß ist, daß eine entsprechend verjüngte Zuschärfung des Mühleisens gerade hineinpaßt. Die Haue ist auf diese Weise fest mit dem Mühleisen verbunden, so zwar daß bei der Drehung des Eisens der Läufer der Bewegung des ersteren folgen muß, aber auch keine andere Bewegung annehmen kann, während andererseits durch Hebung des Steins die Verbindung aufgehoben wird, und dieser ohne Schwierigkeit von dem Eisen abgenommen werden kann. Das untere Ende des Mühleisens ist zapfenförmig zugespitzt und ruht in einer Pfanne *f*, die auf dem starken Querbalken *D* liegt. Dieser Balken ist an seinen beiden Enden durch entsprechende Gerüstbäume *G* unterstützt, aber so, daß er einen einarmigen Hebel bildet und durch Hebung oder Senkung der einen Seite in seiner Lage verändert werden kann. Hebt man diesen Balken, so wird die Pfanne *f*, das Mühleisen *C* und der Läufer *A* ebenfalls gehoben und hiernach hat man es in seiner Gewalt, durch die veränderte Lage des Balkens *D* die beiden Steine enger oder weiter zu stellen, was unbedingt erforderlich ist, um darnach den Angriff der Steine auf die Körner zu reguliren.

Die Bewegung der Mühlen geschieht durch Wasser, Wind oder Dampf. Durch eine dieser Kräfte wird die große Welle *Z* getrieben und das auf ihr befestigte große Kammrad *F* in Umdrehung versetzt. Die Zähne desselben greifen in das Getriebe oder den **Drehling**, **Trilling** *E*, welcher auf dem Mühleisen befestigt ist. Hierdurch wird das Mühleisen und mit diesem der Läufer in Bewegung gesetzt.

In dem Läuferauge sind noch einige Mechanismen angebracht, welche durch die Umdrehung in Wirksamkeit treten und wesentlich zur gleichmäßigen **Einschüttung** des Korns dienen. Es ist zunächst der **Warzenring** *d*, ein eiserner Ring, der an seiner oberen Seite mit drei kleinen schiefen Ebenen besetzt ist; auf diesem Ringe steht ein eiserner Stift, **Daumen** *p*, der an dem Schuhe des Rumpfzeugs befestigt ist. Indem der Läufer in Thätigkeit gesetzt wird, wird der Warzenring unter dem Daumen weggleiten; in dem Maße, wie aber eine der schiefen Ebenen unter den Daumen kommt, wird dieser gehoben und zur Seite gezogen, um, sobald er die höchste Stelle der schiefen Ebene erreicht hat, plötzlich um ein Entsprechendes auf den Ring herabzufallen, wobei zugleich eine hölzerne Feder *i* den Schuh wieder in die richtige Lage zurückschnellt und den Daumen immer in Berührung mit dem Warzenringe erhält. Auf diese Weise wird der Schuh, so lange der Läufer in Bewegung und der Daumen mit diesem in Verbindung steht, unaufhörlich in einer schüttelnden und stoßenden Bewegung erhalten, wodurch das Getreide gleichmäßig in das Auge des Steines fällt. An den beiden Stellen, welche zwischen der schmalen, vierseitigen Haue und dem Umfang des Läuferauges frei bleiben, gelangt das Korn zwischen die Steine. Damit hier keine Verstopfung eintreten kann, ist an dem Arme *l* ein beweglicher Stab *K*, der **Rührnagel**, angebracht, der bis nahe auf die Haue hinabreicht und durch die Feder *m* und ein Seil in seiner Lage erhalten wird; er durchstreicht bei der Drehung des Läufers das Getreide und bewirkt so das ganz gleichmäßige Hinabfallen desselben.

Durch die Centrifugalkraft und durch die zweckmäßige Form der Steine wird das zermahlene Korn ununterbrochen der Außenseite zugetrieben. Um das Mehl nicht verstäuben zu lassen, sind beide Steine mit einem hölzernen, oben verjüngt zulaufenden und sich dicht an den Läufer anlegenden Bottich *N*, dem **Zarg** oder **Lauf**, umgeben. In dem Zarg ist unten an der einen Seite eine Oeffnung, das **Mehlloch**, an welche die Siebvorrichtung, der **Mehlbeutel** *R*, angespannt ist.

Dieser Mehlbeutel ist ein Schlauch von wollenem oder seidenem Zeuge, welches für diesen Zweck besonders und in verschiedenen Feinheitsgraden gewebt wird. Er ist mit Lederriemen umgeben und wird theils durch diese, theils durch eine an der unteren Oeffnung befestigte Feder in seiner Lage gehalten. Ungefähr in der Mitte des Schlauchs ist eine gabelförmige Stange *s* befestigt, deren anderes Ende mit der drehbaren Welle *t* verbunden ist. Diese Welle trägt außerdem einen Arm *v*, den **Anschlag**, der in ein aus drei Daumen gebildetes Rad *W*, den **Dreischlag** greift. Letzterer ist auf dem Mühleisen befestigt und wird daher mit diesem gedreht. Bei jeder Umdrehung wird daher der Anschlag zur Seite geschoben, wird dadurch die Welle *t* gedreht und die Stange *s* horizontal bewegt; sobald der eine Daumen des Dreischlages bei der rotirenden Bewegung so weit fortgekommen ist, daß der Anschlag ihm nicht mehr folgt, wird letzterer abgleiten und an den nächsten Daumen des Dreischlags zurückfallen, wodurch also die Stange *s* mit einem Ruck wieder in die vorige Lage fällt und mithin bei jeder Umdrehung des Mühleisens drei Schläge giebt, die den Mehlbeutel erschüttern und das feine Mehl durch seine Maschen treiben. Um ein Verstäuben dabei zu verhüten, ist der Mehlbeutel mit einem großen Behälter, dem **Mehlkasten** *Q*, umgeben. Der Theil des Mehles, welcher nicht durch die Maschen des Beutels geht, fällt durch die untere Oeffnung in den **Schrot-** oder **Kleienkasten** *T*. In vielen Mühlen trennt man aber vorher noch die Hülsen von dem ihnen beigemengten Theil der gröblich zermahlenen Körner durch das Sieb *S*, welches sich unmittelbar vor der Oeffnung des Beutels befindet, und durch den Stab *d* auf dieselbe Weise wie der Mehlbeutel geschüttelt wird. Der durch das Sieb fallende Gries wird dann von Neuem gemahlen.

Beim ersten Passiren des Getreides durch den Mahlgang erhält man einen Theil als Mehl, welches jedoch nicht von der besten Qualität ist, einen anderen Theil als Schrot, womit man die gröblich zerkleinerten Körner, denen noch die Hülsen beigemischt sind, bezeichnet. Das Schrot wird entweder wieder für sich vermahlen, oder man entfernt zuerst die Hülsen durch Absieben und vermahlt den bei dem Sieben durch die Maschen gehenden Gries. Das erste Mehl vom Gries ist das feinste. Der Gries wird so oft auf die Steine zurückgegeben, bis er nahezu aufgemahlen ist, der Rest wird dann unter die Hülsen gemischt und liefert, wenn er mit diesen zusammengemahlen ist, das Schwarzmehl, die ausgemahlenen Hülsen sind die Kleie. Dieses Absieben der Hülsen von

dem Gries ist jedoch nur beim Weizen statthaft, beim Roggen theilen sich die Fragmente der Hülsen nicht so vollständig von dem Gries, um durch Sieben getrennt zu werden; man muß daher den Roggen bis zur Kleie rein aufmahlen. Bei jedem Durchgange des Mahlguts durch die Steine erhält man eine andere Qualität Mehl, welche entweder jede für sich für feineres oder gewöhnlicheres Gebäck verwerthet, oder im Ganzen, mit Ausnahme des letzten Schwarzmehls, gemischt wird. Der Unterschied in den Qualitäten der Mehlsorten ist nicht genau zu bezeichnen, er variirt in jeder Mühle und nach der Beschaffenheit der Getreideart. Man kann daher kaum mit einiger Sicherheit angeben, wie die Leistungen der einzelnen Mühlen oder Mühlsysteme seien, da die Bezeichnungen erstes, zweites, drittes Mehl, Kaisermehl, feinstes Mehl u. s. w. sehr relativ sind und keine bestimmten Werthe repräsentiren.

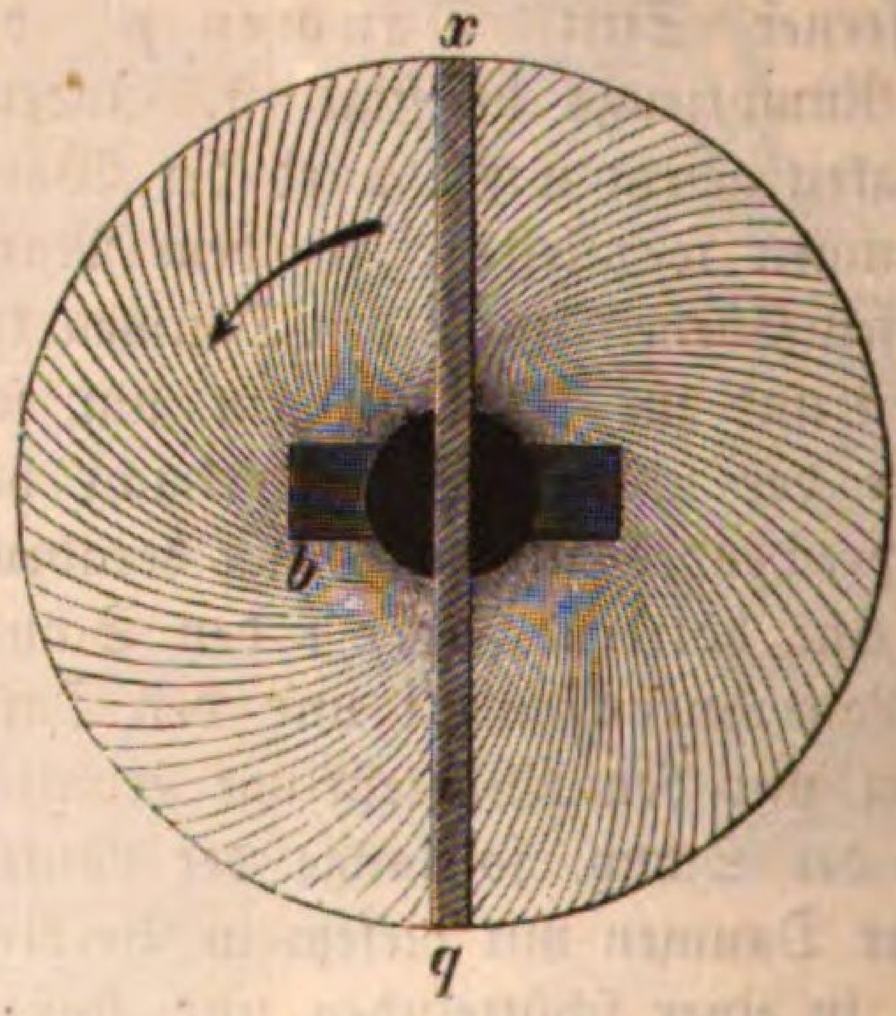
Nachdem so im Allgemeinen die Umrisse der gewöhnlichen deutschen Mühlen geschildert sind, sind zunächst ihre wichtigsten Theile, die Steine, näher zu berücksichtigen. Die Steine sind runde cylindrische Massen, deren Durchmesser von 4 Fuß bis 7 Fuß variirt; der obere Stein, der Läufer, wird gewöhnlich etwa 2 Fuß, der Bodenstein 1 Fuß stark genommen. Das Material dazu liefert in den gewöhnlichen Mühlen der nächst gelegene Sandsteinbruch, der nur ein einigermaßen festes Material ausgiebt. Aber gerade hierin wird häufig sehr gefehlt, indem nichts mehr am unrechten Orte ist, als zu große Oekonomie bei der Anschaffung der Steine. Beim Mahlen leistet das Korn dem Stein immer einen gewissen Widerstand, in Folge dessen es gerade zerkleinert wird, durch denselben ist aber auch zugleich eine Abnutzung der Steine selbst bedingt. Je weicher daher der Stein, um so größer seine Abnutzung, je früher sein Vergang, je unreiner aber auch das Mehl, da alles von den Steinen abgeriebene Pulver mit in das Mehl übergehen muß. Absolut sandfrei ist wohl kein Mehl, selbst nicht das feinste; aber ein so hoher Sandgehalt, wie z. B. von v. **Bibra** in einigen Mehlsorten (S. 1172) gefunden wurde, deutet am besten auf die Nachtheile schlechter Mühlsteine hin.

Man sollte daher vor Allem auf möglichst hartes, festes Material bei der Anschaffung der Steine halten und den Sandstein nur dann wählen, wenn er von sehr hartem Korn ist und beim Anschlagen mit dem Stahl Funken giebt. Am besten ist solcher Sandstein, in welchem zahlreiche Fragmente von Quarz, Feldspath, Kalkspath eingesprengt sind. Als die besten Bezugsquellen für Mühlsteine werden gerühmt: Johnsdorf bei Zittau in Sachsen, Quadersandstein; Krawinkel oder Cronwinkel im Gothaischen, feldspathführender Porphyr; Neckartenzlingen bei Nürtingen in Würtemberg, Sandstein; Niederwallsee, unfern von Wien, Sandstein, dessen Fragmente und Geschiebe vorzüglich Quarz und späthiger Kalkstein sind. Besser wie diese sind aber die rheinischen Mühlsteine, welche von Andernach aus versandt werden; sie werden aus Laven und verschlackten Basalten gehauen, die ungemeine Härte besitzen und bei ihrer blasigen Beschaffenheit sich immer scharfkantig abnutzen und sich nie glatt schleifen können. Die vorzüglichsten Mühlsteine werden in der Nähe von Paris in einem Hügel bei **La Ferté-sous-Jouarre** gewonnen und weit versandt. Es bricht dort ein feinkörniger, sehr dichter Quarz, der von den Geognosten als Pierre meulière bezeichnet wird. Er hat eine grauweiße Farbe und ist mit unzähligen kleinen sehr scharfkantigen, unregelmäßigen Höhlungen durchsetzt, die theils mit kleinen Quarzkrystallen, theils mit getropftem Quarz bekleidet sind. Dieser Quarzfels kommt nur im oberen Theile der Pariser Süßwasserformation vor, er wird bedeckt von der Erzformation und lagert über der gipsführenden mittleren Süßwasserformation. Bei der verhältnißmäßigen Seltenheit und schweren Bearbeitbarkeit dieses Materials werden die Steine sehr theuer bezahlt, man verarbeitet daher nicht allein die ganzen großen Blöcke, sondern auch die kleineren Stücke, die richtig abgekantet und dann zu einem Stück mit Gips zusammengekittet und mit starken eisernen Reifen gehalten werden.

Der Zweck der Steine ist nicht das ganze Korn in ein gleichmäßiges Pulver zu verwandeln, sondern vielmehr die zäheren Theile zu zerschneiden und zu zerreißen, diese gewissermaßen von dem Kern abzuschälen und nur den letzteren zu zermahlen. Das Erstere würde erreicht werden, wenn man die Steine mit ihren glatten Flächen über das Korn hinweggehen ließe. Um aber das Letztere eintreten zu lassen, versieht man beide Steine, den Läufer sowohl wie den Bodenstein, mit Rillen, die so gegen einander gestellt sind, daß die Körner sich zunächst darin ablagern, aber sofort bei der Drehung der Steine an den abgeschrägten Wänden der Rillen in die Höhe getrieben und, indem sie zwischen die Kanten der Rillen gelangen, von diesen gespalten werden, wobei die Reibung der Steine die so aufgeschlitzte zähe Hülle vom Korn abschälen und dieses dann an der Stelle des Steins, wo keine Furche ist, völlig zu Mehl zerreiben wird.

Die Form der Rillen ist für das Gelingen der Mahloperation von größter Wichtigkeit. Eine der bei den deutschen Mühlen am gewöhnlichsten angewandten Methoden des Behauens ist in Fig. 298 und 299 dargestellt, von

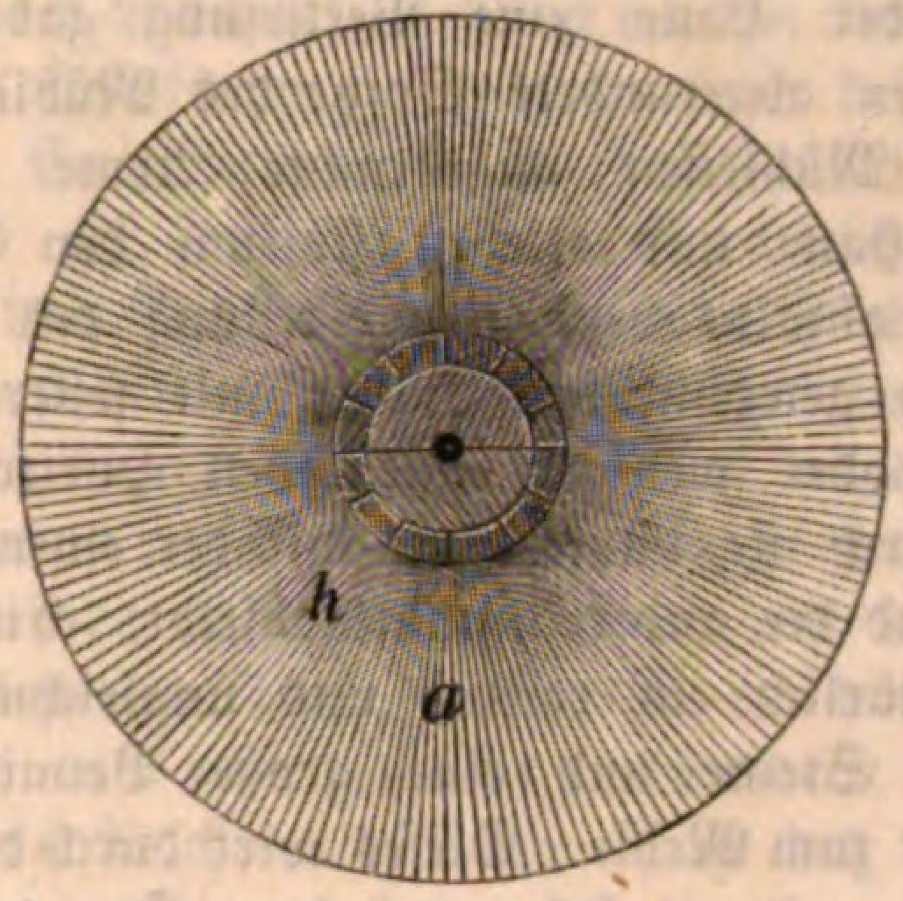
Fig. 298.



denen die erstere den Läufer, die letztere den Bodenstein bezeichnet. Die Augen der beiden Steine sind von selbst verständlich; Fig. 298 ist *b* die Vertiefung, welche die Haue aufnimmt. Die Rillen oder Hauschläge des Bodensteins sind radiale Linien, die des Läufers sind dagegen gekrümmt und zwar so, daß sie wenigstens annähernd eine logarithmische Spirallinie bildet, welche die

Eigenschaft hat, daß alle vom Mittelpunkt gezogenen Linien mit dieser einen gleichen Winkel bilden. Diesen Anforderungen genügt die in der Figur dargestellte Behauung allerdings nicht vollkommen, weil die Erfahrung

Fig. 299.



bewiesen hat, daß ein gewisses Abweichen von der logarithmischen Spirale manche Vorzüge hat. Dreht sich der Läufer in der Richtung des Pfeils über den Bodenstein, so wirken die Rillen wie eine entsprechende Anzahl von Scheeren, indem sie mit den scharfen Kanten alles zwischen dieselben Kommende zerschneiden, sie schieben außerdem das Zermahlene von selbst dem Kreisumfang zu, wo es von der Zarge aufgenommen wird. Da das Korn im Mittelpunkt der Steine aufgeschüttet wird und hier noch ein weit größeres Volum hat, als an der Peripherie der Steine, so pflegt man die Furchen in der Nähe der Mitte etwas tiefer zu machen wie am Umfange, wodurch ein kräftigerer Angriff auf das Mahlgut erfolgt. Außerdem werden die Steine beim ersten Mahlen so weit von einander entfernt, daß die Körner nur leicht gedrückt und aus den Hülsen geschält werden. Später beim Mahlen des Schrots oder des Gries werden die Steine einander immer mehr genähert, da sie dann die vollständige Zerkleinerung zu bewirken haben. Die Art und Weise, wie die Stellung der Steine regulirt wird, ist oben beschrieben.

In der Art der Behauung kommen sehr große Verschiedenheiten vor. Häufig findet man den Bodenstein ebenso wie den Läufer behauen, dann haben aber beide krumme Rillen, die nach derselben Schablone gearbeitet sind; wird der Läufer darauf auf den Bodenstein gelegt, so findet doch bei der Bewegung die scheerenartige Wirkung Statt.

Nach einer anderen Methode sind die französischen Steine gearbeitet. Fig. 300 giebt eine Ansicht, Fig. 301 ein Profil zweier solcher Steine. Die Rillen sind dabei geradlinig, aber nicht Radien des Steines, sondern bilden Tangenten zu den Augen und parallele Linien mit diesen Tangenten. Auf ähnliche Weise sind die amerikanischen Steine Fig. 302 und 303 gehauen, diese haben aber keine geraden, sondern gekrümmte Rillen. Beide Arten der Behauung zeichnen sich dadurch aus, daß sie gleich beim ersten Durchgange das Getreide rein aufmahlen, die Hülsen werden dabei in Stückchen zerschnitten, die sich durch Sieben leicht von dem feineren Mehl trennen lassen. Es bildet diese Art der Behauung und der damit zu erlangende Erfolg einen der wesentlichsten Unterschiede zwischen dem alten und dem neuen verbesserten Mahlsysteme.

Bevor das Getreide auf die Mühle kommt, bedarf es mancherlei Zurichtungen. Es bestehen diese namentlich

Fig. 300.

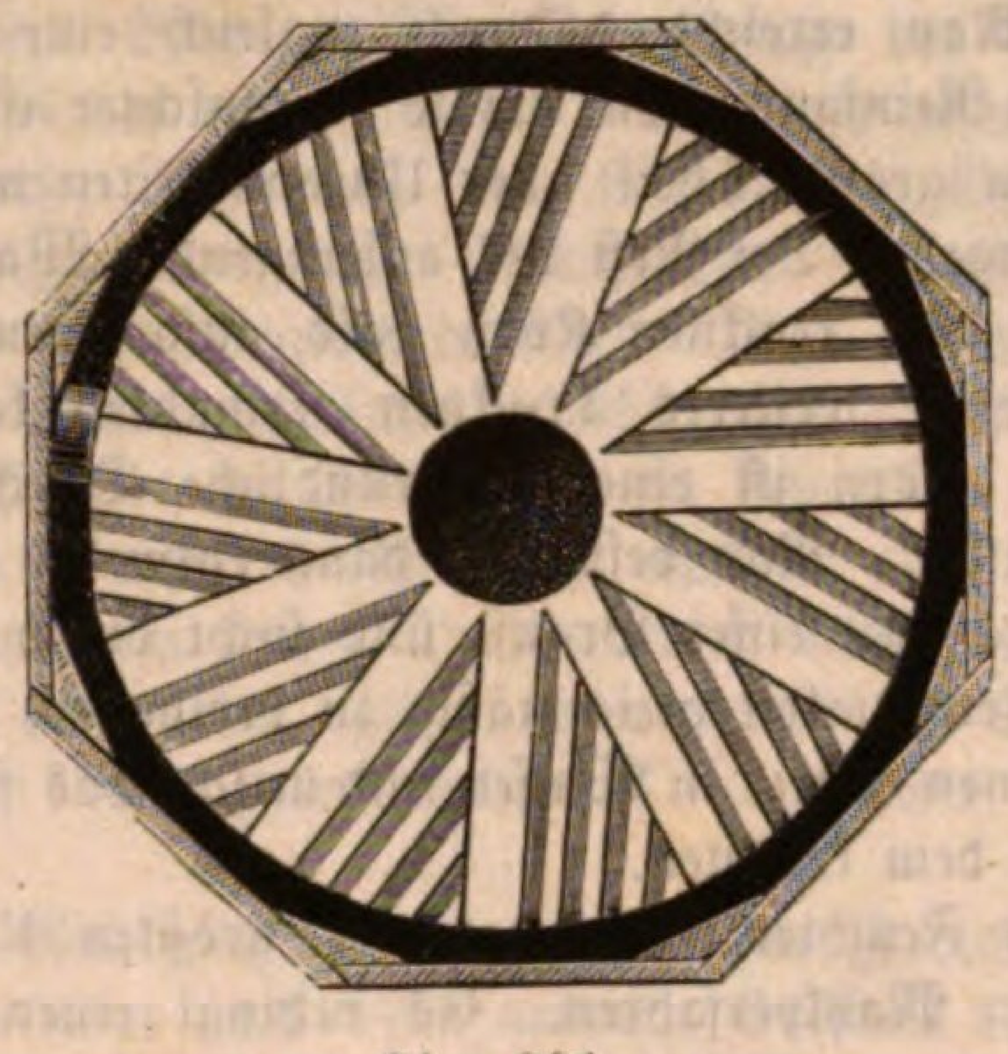
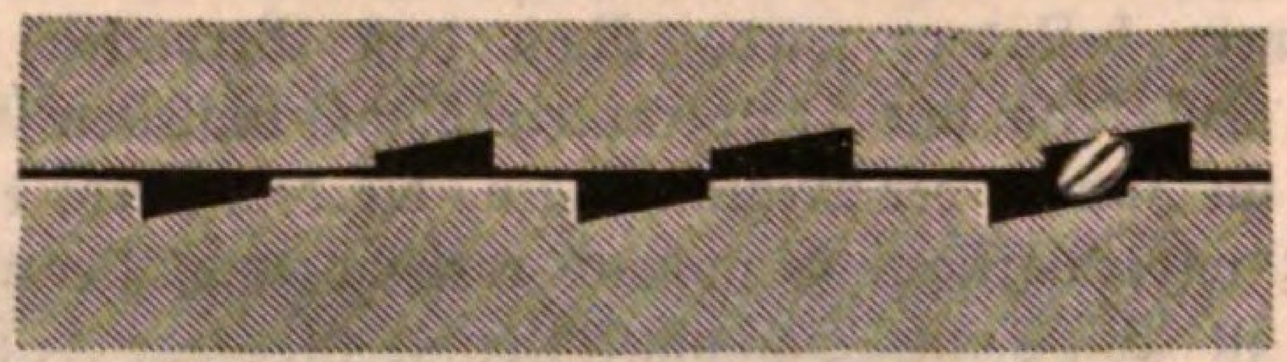


Fig. 301.



lich in der Entfernung mancherlei Unreinigkeiten, wie Staub, Schmutz, fremder Samenkörner &c. In allen besser eingerichteten Mühlen sind jetzt besondere Vorrichtungen für diesen Zweck vorhanden, es sind namentlich

Fig. 302.

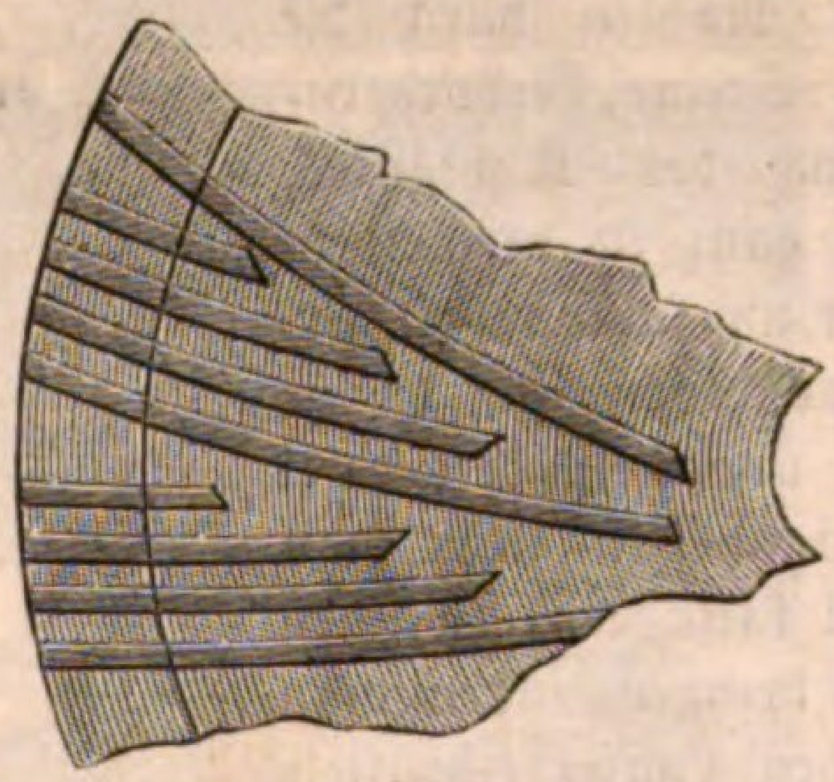
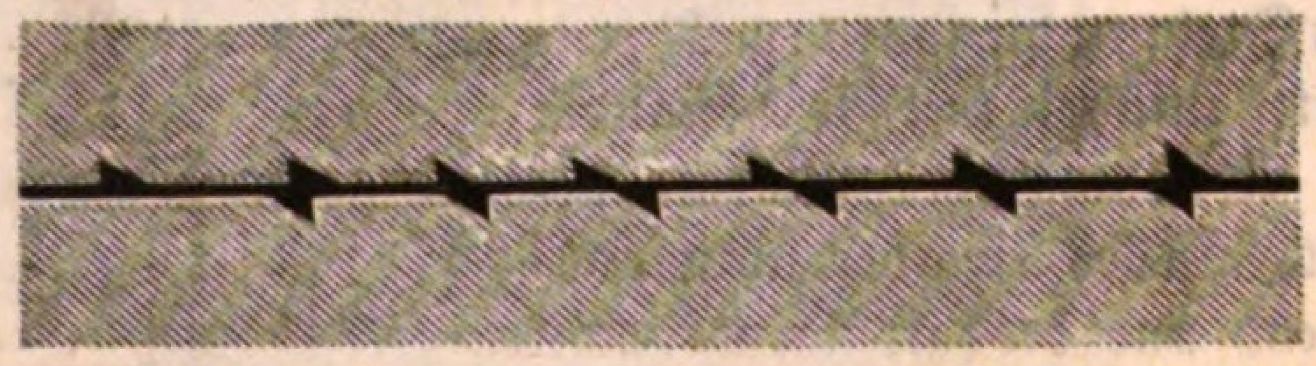


Fig. 303.



Siebe, welche alle kleineren Körner absondern, Ventilatorgebläse, die den losen Staub beseitigen, endlich Bürsten, die in einem hohlen Cylinder, dessen innere Oberfläche raspelartig behauen ist, arbeiten und das Korn mit gewisser Gewalt gegen die scharfen Vorsprünge des Cylinders reiben, um den fester haftenden Schmutz zu entfernen. Zu diesem Zurichten kommt noch für die gewöhnlichen deutschen Mühlen das Anfeuchten des Korns. Die Schale des Korns ist für diese Construction der Mühlen zu zerreiblich und spröde, als daß sich der Kern glatt heraus arbeiten sollte. Durch Befeuchten erlangt sie eine gewisse Zähigkeit, die ihre Absonderung sehr er-

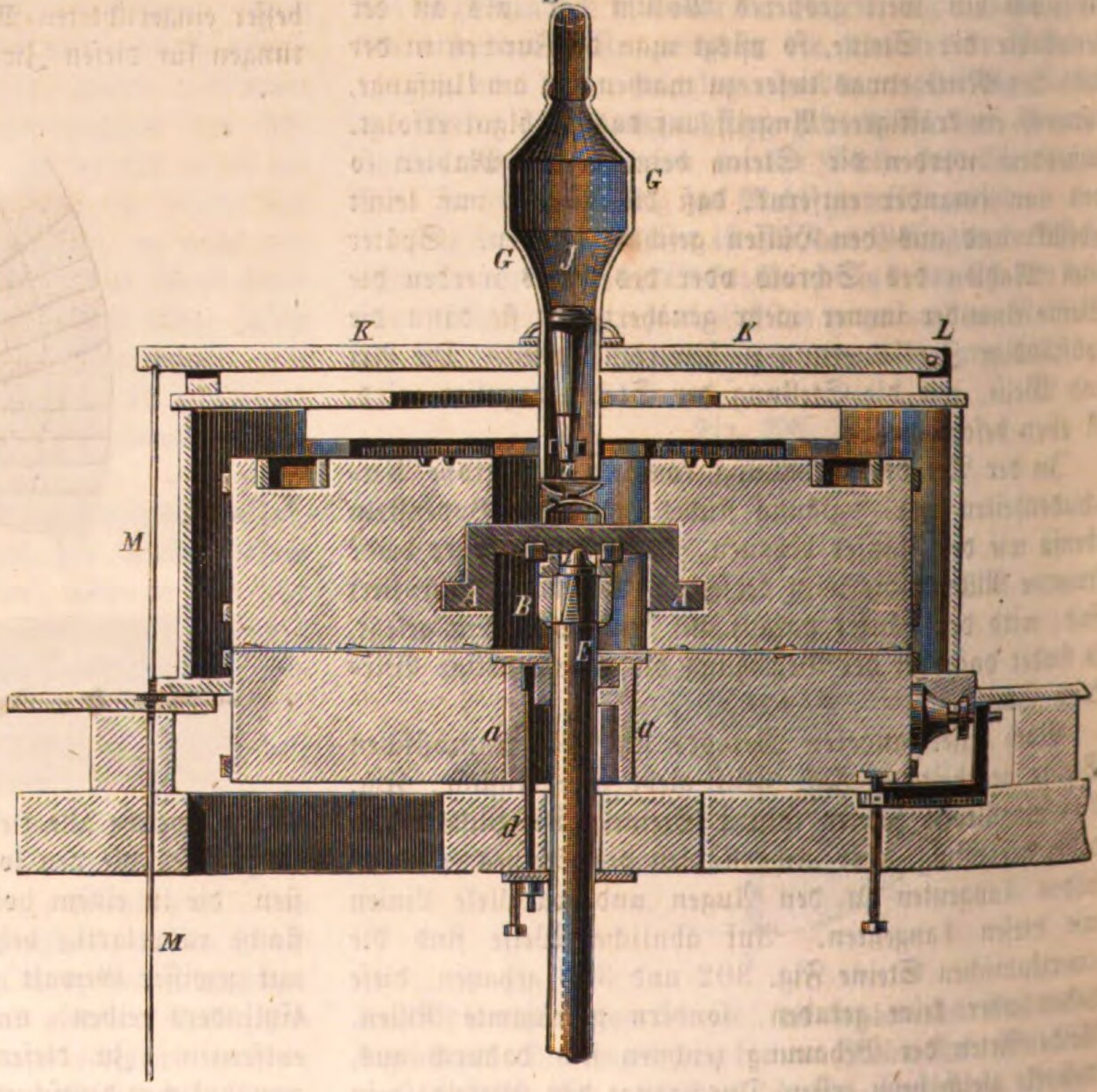
leichtert. Je nach der Beschaffenheit des Korns, nach seinem größeren oder geringeren Feuchtigkeitsgehalt hat man dabei verschieden zu operiren. Bei sehr trocknem Korn ist es jedenfalls am zweckmäßigsten, die ganze Menge desselben in einem Kübel mit Wasser zu übergießen, kräftig umzurühren und dann das Wasser abzulassen. Man erreicht dadurch zugleich eine möglichst gründliche Reinigung, die um so erwünschter ist, als der bei weitem größte Theil aller Unreinigkeiten mit in das Mehl übergeht. Der Rest des anhängenden Wassers wird dann von dem trocknen Korn bald aufgesogen, so daß man es ohne weiteres Trocknen vermahlen kann. Bei feuchterem Korn ist eine so gründliche Durchfeuchtung nicht zulässig. Man besprengt dann entweder das Korn oberflächlich mit einer Brause und sucht durch Umschaufeln die Feuchtigkeit gleichmäßig zu vertheilen, oder man schüttet einen Theil in Wasser und mischt das so genäßte Korn mit dem trocknen.

Dieses Feuchten ist eines der größten Uebelstände beim alten Mahlverfahren. Es bedingt einen größeren Wassergehalt im Mehle, in Folge dessen sein Verderben ungemein befördert wird. Nach dem Verpacken tritt dann leicht eine mit Temperaturerhöhung begleitete Gährung im Innern der Mehlmasse ein, die dem Mehl einen höchst widerwärtigen Geschmack verleiht und Veranlassung zu Pilz- und Schimmelbildung ist. Die besseren neueren Mühlen erfordern dieses Anfeuchten nicht und in Folge dessen ist das damit gewonnene Mehl weit dauerhafter als jenes.

Ein anderer die Haltbarkeit des Mehles gefährdender Umstand ist die beim Mahlen durch die Reibung der Steine hervorgerufene Erhitzung des Mahlgutes. Diese ist nie ganz zu vermeiden, sie wirkt aber um so nachtheiliger, je feuchter das Korn ist, da sie die Gährung ungemein befördert. Um diesem abzuhelfen, sucht man möglichst viel kalte Luft zwischen die Steine zu bringen, indem man quer durch den Läufer eine tiefe Furche haut, welche bei der raschen Drehung die Luft dem Mittelpunkte zuführt und so beständig eine Ableitung der Wärme bewirkt. Dieses ist aber nicht ausreichend und deshalb bringt man das Mehl bei allen Mühlen, die nicht für den augenblicklichen Consum arbeiten, unmittelbar nachdem es die Siebvorrichtung verläßt, in besondere Apparate, in denen es gekühlt wird. Diese bestehen häufig in großen flachen Kästen, in denen das Mehl in einer dünnen Schicht ausgebreitet und durch mechanische Vorrichtungen bis zu seinem vollständigen Erkalten bewegt wird. Kann man die dazu erforderliche Maschinerie nicht beschaffen, so begnügt man sich damit, das Mehl in einer dünnen Schicht ausgebreitet einige Zeit der Luft auszusetzen, um alle beim Mahlen aufgenommene Wärme ausstrahlen zu lassen.

Eine der wesentlichsten Verbesserungen der Mühlen bestand darin, daß man den Läufer nicht mehr auf dem Mühleisen befestigte, wie bei der alten Mühle, sondern daß man der Haue eine Vertiefung gab und diese auf die oben abgerundete Spitze des Mühleisens legte; zwei am Mühleisen angebrachte Arme legten sich gegen die Haue und trieben sie um den Stein. Bei einer nicht absolut verticalen Stellung des Mühleisens erhalten die gewöhnlichen Steine mit fester Haue stets eine mehr oder weniger gegen den Horizont geneigte Lage, wodurch sie immer nur mit der einen Seite wirken, während die andere unthätig bleibt. Eine Folge davon ist natürlich ein rasches und ungleichmäßiges Abnutzen der Steine und eine große Beimischung von Steinpulver zum Mehle. Dieses wird durch die schwingende Haue unmöglich gemacht. Da das Gewicht des Steins in der Vertiefung der Haue auf dem Mühleisen ruht, so wird der Stein stets eine horizontale Lage annehmen. Auch diese Vorrichtung ist vielfach modificirt worden. Eine der besten Einrichtungen für diesen Zweck ist in Fig. 304 dargestellt. Es ist darin A die Haue, B der Kopf des Mühleisens C, auf welchem die Haue ruht und von dessen beiden Armen sie getrieben wird. a ist die

Fig. 304.

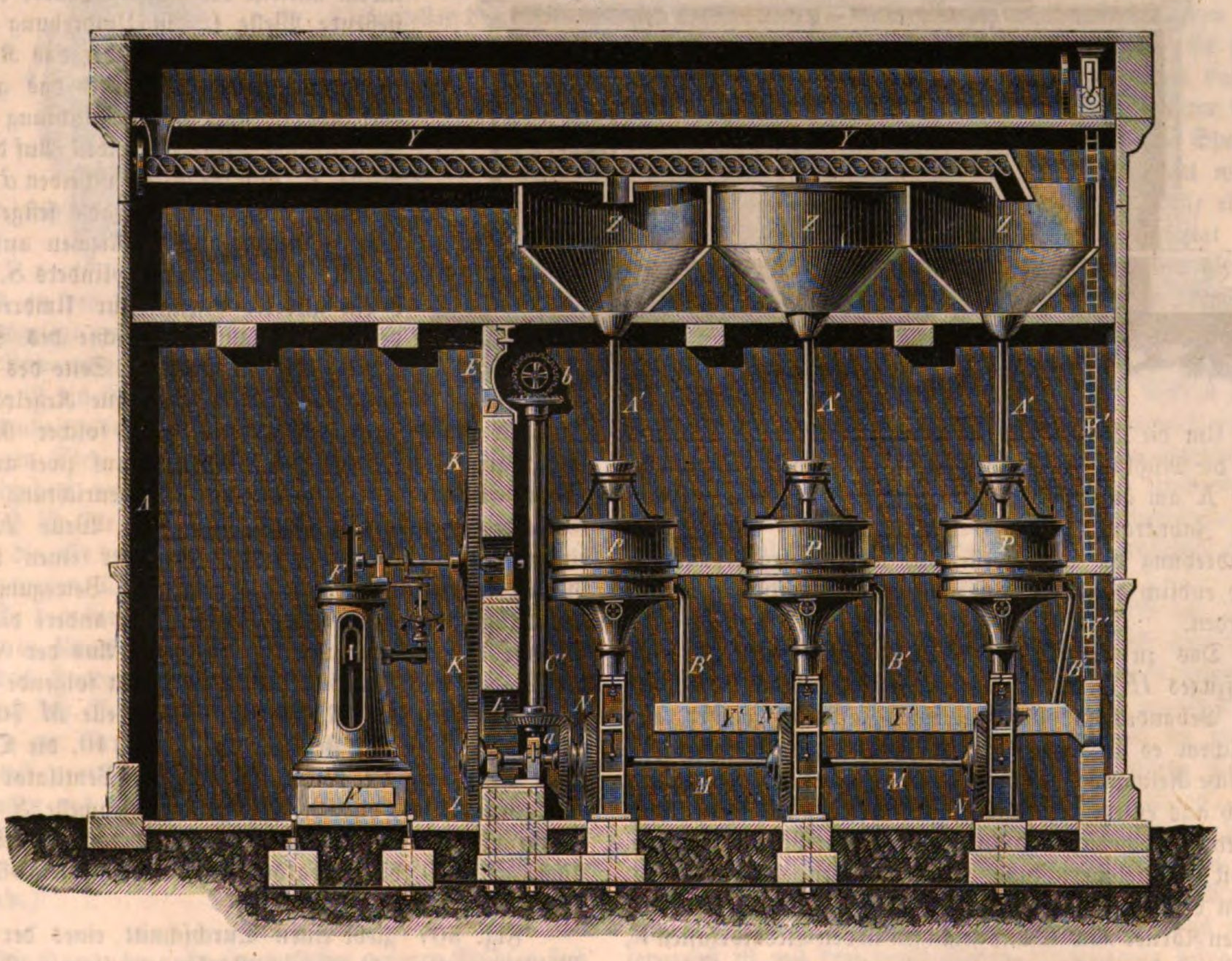


Büchse im Bodenstein, die eine besonders gute Dichtung bewirkt und ein Herabfallen des Korns in dem Auge des Steins zwischen dem Mühleisen verhindert. Sie besteht aus einem gußeisernen Rahmen, der im Bodenstein fest

eingesetzt ist und eine kreisförmige Oeffnung, durch welche das Mühleisen geht, hat. Das Mühleisen wird durch bronzene Pfannen und mit Oel getränkten Werg so umschlossen, daß kein Korn und Mehl am Eisen herablaufen kann. Zwischen den Pfannen und dem eisernen Rahmen befindet sich ein eiserner Keil, der durch die Stange d nach Bedürfniß gelüftet werden kann, um dem Eisen mehr Spielraum zu geben. Eine besondere und zweckmäßige Construction hat die Zuführvorrichtung oder der Rumpf. Er besteht in einem Blechtrichter G, der oben durch das Rohr H mit dem Kornspeicher oder der Reinigungsmaschine in Verbindung ist. In dem Halse des Trichters ist ein umgekehrter Kegel angebracht, der oben und unten verschlossen und oben so weit ist, daß das Korn gerade zwischen dem Kegel und der Trichterwand herabgleiten kann, unten ist er durch mehrere Blechstreifen mit dem Trichter verbunden. Unter der Mündung des Trichters, in dem Auge des Läufers und auf der Haue befestigt, befindet sich ein kleines Schälchen r, welches bei seiner Umdrehung die gleichmäßige Vertheilung des ihm aus dem Trichter zugeführten Getreides bewirkt. Je nachdem man den Trichter weiter von dem Schälchen entfernt, wird der Ausfluß des Getreides rascher werden, da es auf keinem anderen Wege als durch die schmale Fuge zwischen der Mündung des Trichters und dem Schälchen ausfließen kann. Dieses Schälchen hat daher dieselbe Bestimmung wie der Schuh der gewöhnlichen Mühle. Die Regulirung des Ausflusses geschieht bei der gewöhnlichen Mühle wie oben beschrieben dadurch, daß man den beweglichen Schuh mehr oder weniger von dem feststehenden Rumpf entfernt. Hier findet das Umgekehrte Statt. Das Schälchen kann nur mit dem ganzen Läufer gehoben und gesenkt werden, dagegen ist aber der Trichter leicht beweglich. Er ruht nämlich auf dem Gerüste K, welches man als einen einarmigen, um seinen Drehpunkt L beweglichen Hebel betrachten kann, die von unten verschiebbare Stange M hebt oder senkt den Hebel K und mit ihm den Trichter.

Das Mahlwerk mit den nöthigen Zurichtungsvorrichtungen einer nach dem neueren Systeme von Fairbairn gebauten Mühle ist in Fig. 305 und 306

Fig. 305.



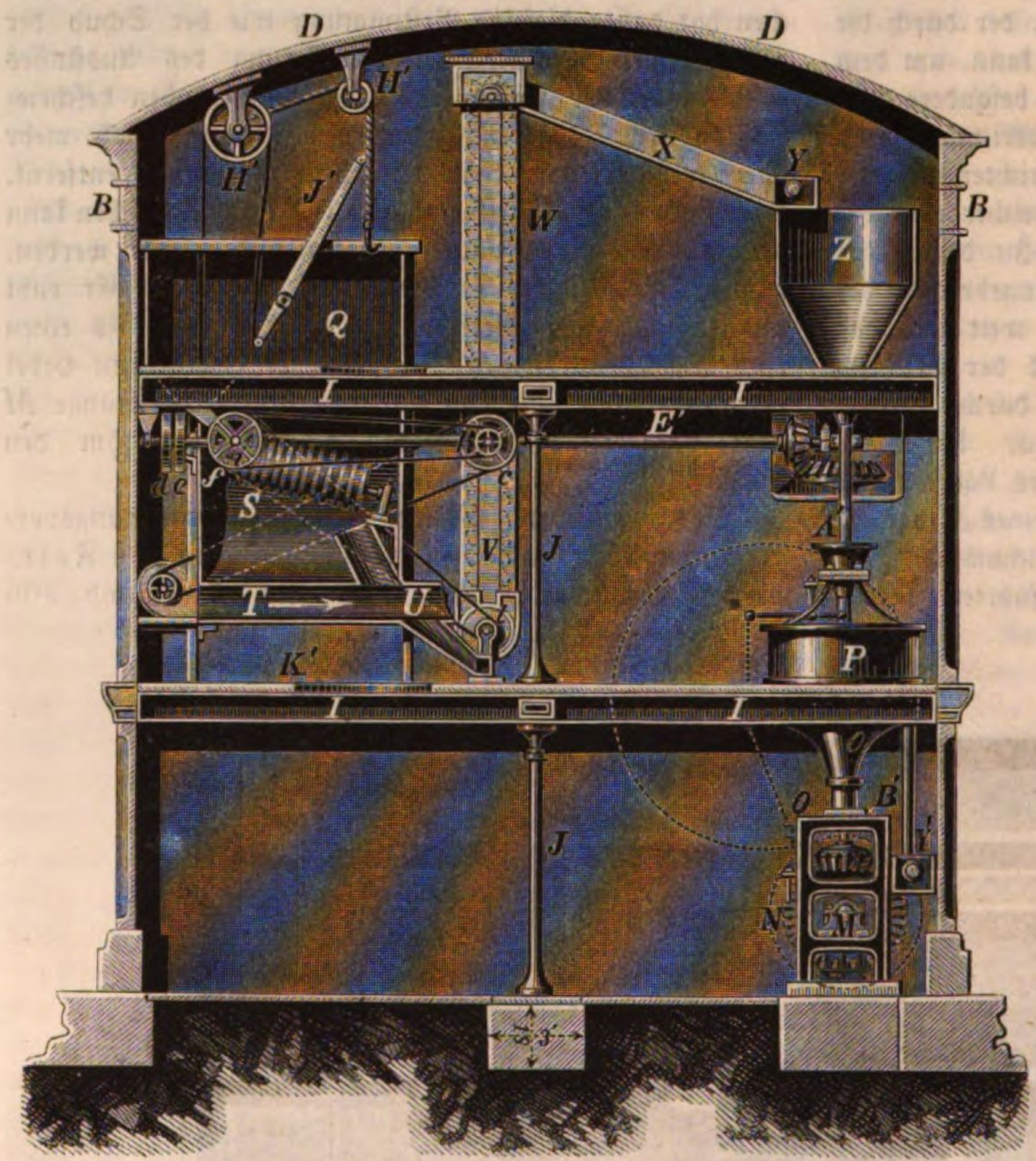
dargestellt, deren Beschreibung wir der Arbeit von Professor Rühlmann in Karmarsch-Heeren's Wörterbuch entnehmen.

Das ganze Gebäude, wie das Mühlengerüst sind soweit als nur möglich von Eisen hergestellt. Die äußeren Begrenzungen des Gebäudes werden von Eisenplatten AA, eisernen Pfeilern BB, sowie aus ebensolchen Trägern CC gebildet. Der Ausbau im Innern besteht aus eisernen Durchzugsbalken I und Säulen J, das Dach D aus gewelltem Eisenblech.

Aus Stein sind allein die Fundamente und eine Mauer E erbaut, welche letztere zur Stützung der schwersten Theile des gangbaren Zeuges, der Wellen, der Räder &c. dient. F ist die nach dem System von Fair-

bairn erbaute Dampfmaschine, deren Dampfcylinder, Führungen, Lenkstangen innerhalb einer hohlen gußeisernen Säule liegen.

Fig. 306.



Um die Arbeit mit einem Minimum an Räderwerk auf die Mühlspindel zu übertragen, hat man das Schwungrad K am äußeren Umfange stirnradartig verzahnt, läßt den Zahnkranz in ein Getriebe L fassen, durch dessen Umdrehung die Hauptwelle M, die Kegelräderpaare N und endlich die in P eingeschlossenen Mühlsteine bewegt werden.

Das zu vermahlende Getreide wird mittelst eines Aufzuges H' (Fig. 306) in den obersten Raum des ganzen Gebäudes und zwar in einen Kasten Q geführt, aus welchem es in einer Art von Rumpf R in das cylindrische Reinigungssieb S gelangt, welches der Hauptsache nach aus einem Reibeisenmantel besteht, mit nach innen gekehrten Schärfen und einem beweglichen Bürstenapparate, nebst Beutelvorrichtung zum Absieben des Staubes. Von der aus S abfließenden Masse fallen die schweren guten Körner nach U und gelangen in den Elevatorkasten V, während die leichten Theile, zerbrochene Körner, Schalen, Staub 2c. zum Entweichen nach außen durch einen Windstrom veranlaßt werden, welchen ein Flügelgebläse in der Röhre T nach der Pfeilrichtung herbeiführt. Der Elevator W besteht aus einem endlosen Lederriemen, an welchen Eimerchen aus Weißblech geheftet sind. Aus der Zeichnung erkennt man leicht, wie durch die auf- und absteigende Bewegung der beiden Riementheile die gereinigten Körner von U aus emporgehoben und auf die schräge Rinne X ausgeworfen werden können, auf welcher sie nach dem Kasten einer endlosen Schraube Y, die in Fig. 305 zu Tage liegt, gleiten und durch deren Umdrehung dem Rumpfkasten Z zugeführt werden. Von hierab gelangen die Körner in die Speiseröhren A' und durch einen Regulirungstrichter zwischen die Steine, wo sie vermahlen werden.

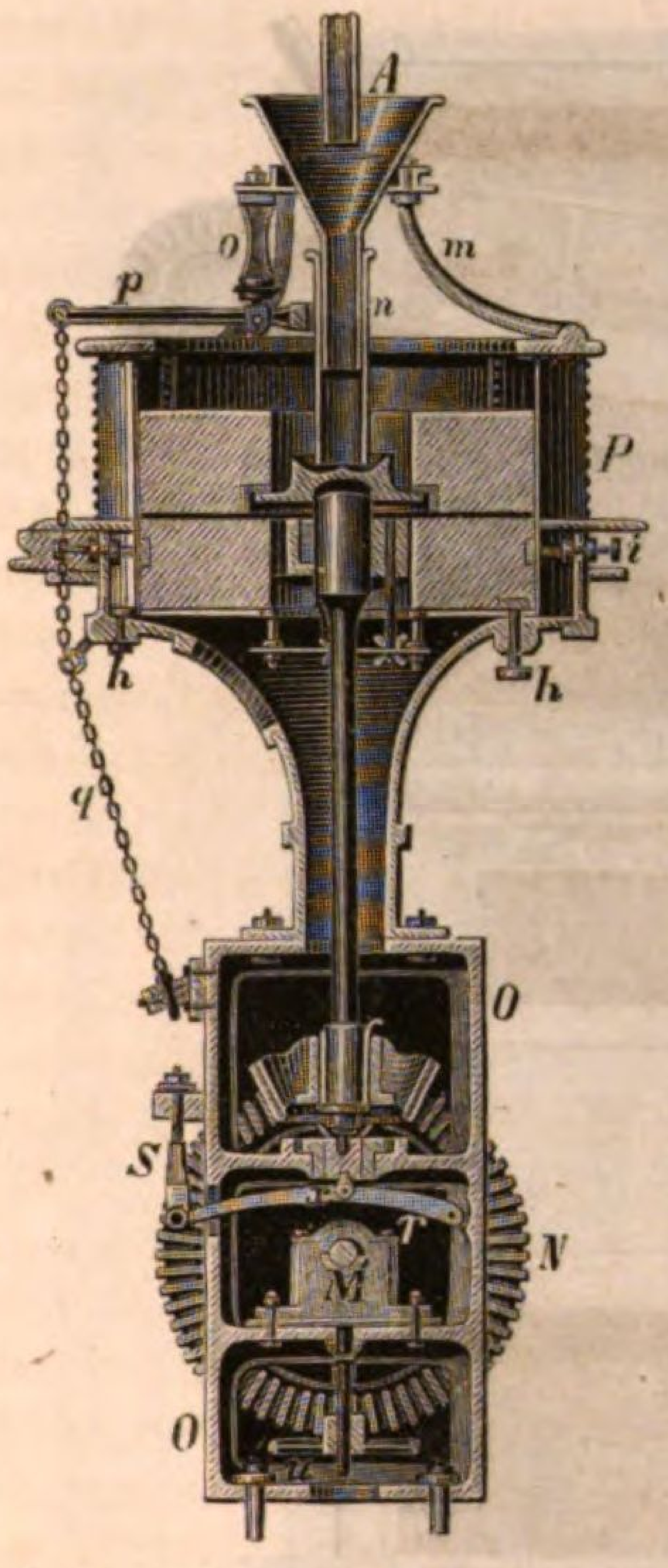
Das von den Steinen ablaufende Mehl fällt durch Weißblechröhren B' in einen Schraubenkasten Y', ähnlich dem, welcher die Körner zuführt, wird ferner von der endlosen Schraube nach der Einmündung eines Elevators gebracht, der es zu dem Siebbeutel führt, welcher in derselben Höhe wie der Reinigungsapparat S an der anderen Seite des Gebäudes liegt.

Die Bewegung der einzelnen Theile geht von der Hauptwelle M Fig. 305 aus, indem mittelst des Kegelradpaares a die stehende Welle C' in Umdrehung versetzt wird, diese trägt wieder das Kegelradpaar b, welches die durch das ganze Gebäude in horizontaler Richtung hindurchgehende Welle E' treibt. Auf dieser Welle E' sind die Riemenscheiben d und e, sowie ein kleines Kegelrad c festgekeilt. Von d aus geht ein Riemen auf die Scheibe des Reinigungscylinders S, von e ein anderer Riemen zur Umdrehung der Scheibe auf der Achse des Siebbeutels an der anderen Seite des Gebäudes. Durch das kleine Kegelrad c, das mit einem etwas größeren Paare solcher Räder in Eingriff steht, wird die Bewegung auf zwei andere Wellen übertragen, welche der Längenrichtung des Gebäudes parallel sind und gegen die Welle E' in einem rechten Winkel stehen. Auf der einen dieser Wellen ist eine Riemenscheibe, welche die Bewegung der Windflügelscheibe des Ventilators T, die andere die der Scheibe des Sackaufzugs H' bewirkt. Aus der Größe der Räder und Riemenscheiben resultiren folgende Umdrehungszahlen pro Minute: die Hauptwelle M 76, die Mühlsteine 140, die stehende Welle C' 140, die Querwelle E' 242, die beiden Wellen für Ventilator und Sackaufzug 140, die Reinigungsmaschinenwelle S 363, ebenso viel die Welle des Beutelcylinders, die Windflügel T 560, die Elevatoren und Schrauben 466, die Sackaufzugsscheibe 47.

Fig. 307 giebt einen Durchschnitt eines der drei Mahlapparate. O ist ein starker gußeiserner Kasten, welcher mittelst Bolzen am Steinfundamente befestigt ist und in der Fortsetzung nach oben das sich erweiternde Rohrstück trägt, welches zugleich den cylindrischen Bodenstein bildet und auf welchen wieder die aus Eisenblech gearbeitete Zarge oder Steinbütte gesetzt ist. Auf dem Deckel der letzteren ruht der Regulirungstrichter nebst zugehörigem Hebelapparat für die Zuführung der Körner.

Der Bodenstein wird durch Schrauben h und i in seiner Lage festgehalten und justirt, die Haue gehört zu der Gattung der in Fig. 304 dargestellten Compaßhauen und ähnlich wie in dieser Figur ist auch die Büchse im Bodenstein mit ihren Futtern, Stellkeilen ꝛc.

Fig. 307.



Der Zuführapparat für das Getreide ist ebenfalls ähnlich wie in der obigen Figur, die Regulirung geschieht hier aber durch das Höher- oder Tieferstellen der Röhre n, während der Trichter A mit seinem zu n concentrischen Ausflußrohre unbeweglich bleibt. Die Verschiebung von n wird aber mittelst Hebel np und Kettenzug q leicht bewirkt.

Zum Höher- oder Tieferstellen des Läufers dient einfach der Hebel r, nebst der Stellschraube S, indem die ganze Steinspindel nebst ihrem Spurlager auf dem beweglichen Hebelstücke x des Hebels r ruht. Die Ausrückung des Triebrades an der Mühlspindel ist, während die Hauptwelle unausgesetzt im Gange bleibt, also überhaupt während der Bewegung, durch folgende Anordnung zu verrichten.

u ist ein Handrad, dessen Nabe mit der Mutter einer Schraube versehen ist. Auf dieser Nabe ruht ein dreiarmiger Steg, durch dessen Mitte die Schraube völlig ungehindert durchtreten kann. In jedem der Arme des Steges ist eine vertical aufwärts gerichtete Stange befestigt, die alle drei zusammen an ihrem oberen Ende einen Ring tragen. Da die Scheibe vermöge eines Keils mit einer Brücke des Gestelles O fest verbunden ist, folglich auch nicht in Umdrehung versetzt werden kann, so schraubt sich das Handrad u an der Spindel hinauf oder herab, je nach der Richtung, in welcher man es dreht. Wird also u zur Bewegung aufwärts genöthigt, so geht auch der auf u ruhende Steg in die Höhe, mit diesem die Stangen und der Ring, welcher letztere sich endlich unter das Mühlspindelgetriebe lehnt und dieses ausrückt, sobald u fernerhin mit nöthiger Gewalt umgedreht wird. (Rühlmann.)

Die Beutelwerke sämmtlicher neueren Mühlen sind aus hölzernen Latten gebildete, meist sechseckige oder runde, gegen den Horizont geneigt liegende Behälter, die mit verschiedenen Geweben, deren Maschen der Feinheit des Mahlgutes entsprechen, überzogen sind. Man hat dabei zwei verschiedene Constructionen zu unterscheiden. Das englische Beutelwerk, welches sich aber nicht bewährt hat und in allen deutschen und französischen Mühlen wieder beseitigt ist, besteht aus einem flachen, runden, festliegenden Cylinder, dessen Latten inwendig mit Drahtgaze von verschiedenem Feinheitsgrade überspannt sind, dessen Achse von einer mit Armen besetzten drehbaren Welle gebildet wird. Die Arme der letzteren tragen Bürsten von solcher Länge, daß die Borsten bei der Umdrehung der Welle in die Maschen der Drahtgaze eingreifen und das Mehl hindurchtreiben. Das abgekühlte Mahlgut wird durch eine endlose Schraube oder ein Paternosterwerk dem oberen Ende der Siebvorrichtung zugeführt und durch die Bürsten gegen die Wände der Cylinder getrieben und fällt das Mehl von verschiedenen Feinheitsgraden, den Maschen der Drahtgaze entsprechend, in die unterhalb befindlichen Abtheilungen. Es ist selbstverständlich, daß der obere Theil des Siebes mit feinster Gaze, abwärts schreitend mit gröberer Gaze bespannt ist. Am unteren Ende ist der Cylinder offen und entleert die Kleie in eine besondere Abtheilung.

Hiervon unterscheiden sich die übrigen Beutelwerke dadurch, daß sie nicht mit Drahtgaze, sondern mit seidenem Beuteltuch bespannt sind und daß das Beutelwerk selbst sich um seine Achse dreht. Das Mehl würde dabei sehr unvollkommen gesiebt werden, wenn nicht eine besondere Vorkehrung getroffen wäre, um die Maschen des Beuteltuchs vor der Verstopfung zu bewahren. Es sind nämlich auf die Speichen, welche die hölzernen Latten des Gerüstes mit der Welle verbinden, hohle eiserne Cylinder aufgezogen, welche in dem Maße, wie eine Speiche bei der Umdrehung der Welle nach oben gerichtet wird, an der Speiche hinabgleiten und erst an der Welle einen Halt finden; bei fortschreitender Umdrehung neigt sich die Speiche wieder abwärts und in Folge dessen gleiten die eisernen Cylinder gegen den Umfang des Gerüstes und schlagen, sobald dieses seine größte Neigung annimmt, mit ihrem ganzen Gewicht gegen die Latten, wodurch diese und das Beuteltuch erschüttert werden und das in den Maschen sitzende Mehl herausgeschleudert wird. Bei einer anderen Vorkehrung sind im Siebkasten hölzerne Federn angebracht, welche bei der Umdrehung des hölzernen, eckigen Gerüstes gegen die Kanten desselben schlagen, und so dasselbe, aber mit weit größerem Geräusch, wie die eisernen Cylinder bewirken.

Ein Beutelwerk ist in Fig. 308 und 309 im Längen- und Querdurchschnitte dargestellt. a ist eine hölzerne Welle, in welcher die runden Speichen b eingesetzt sind, die letzteren sind unter sich durch sechs in der Längenrichtung liegende Latten c verbunden und an diesen ist das Beuteltuch auf irgend eine Weise, durch Nägel oder besser durch Anspannen mit Haken und Oesen, befestigt. Auf jeder Speiche steckt der eiserne Cylinder oder Klopfer d. Unten ist der Beutel ganz offen, oben befindet sich ein trichterförmiger Kranz ll, dem das Mahlgut durch eine Blechröhre k zugeführt wird. Das Lattengerüst ist mit drei verschiedenen Seidengazen bespannt und diesen entsprechend ist der Siebkasten m durch Scheidewände n in ebenso viele einzelne Behälter getheilt, die mit 1, 2 und 3 bezeichnet sind und zur Aufnahme von ebenso vielen verschiedenen Mehlsorten dienen. Die letzte Abtheilung 4 fängt die aus der unteren Oeffnung herausfallende Kleie auf. Ein Schieber o gestattet leicht die Entleerung dieses Raumes, während die übri-

gen durch Klappen *q* an den Seitenwänden zugänglich sind. Diese Klappen bestehen aus hölzernen, mit Zeug überspannten Rahmen, die deshalb leicht in ihren Scharnieren *r* drehbar sind und sich mit Lederscheiben an den Knöpfen *s* befestigen lassen. Die trichterförmige Verengung des Kastens unter dem Beutel durch die schrägen Bretter *p* befördert das Herabgleiten des Mehles in den Mehlkasten und beschränkt das Verstäuben desselben.

Fig. 308.

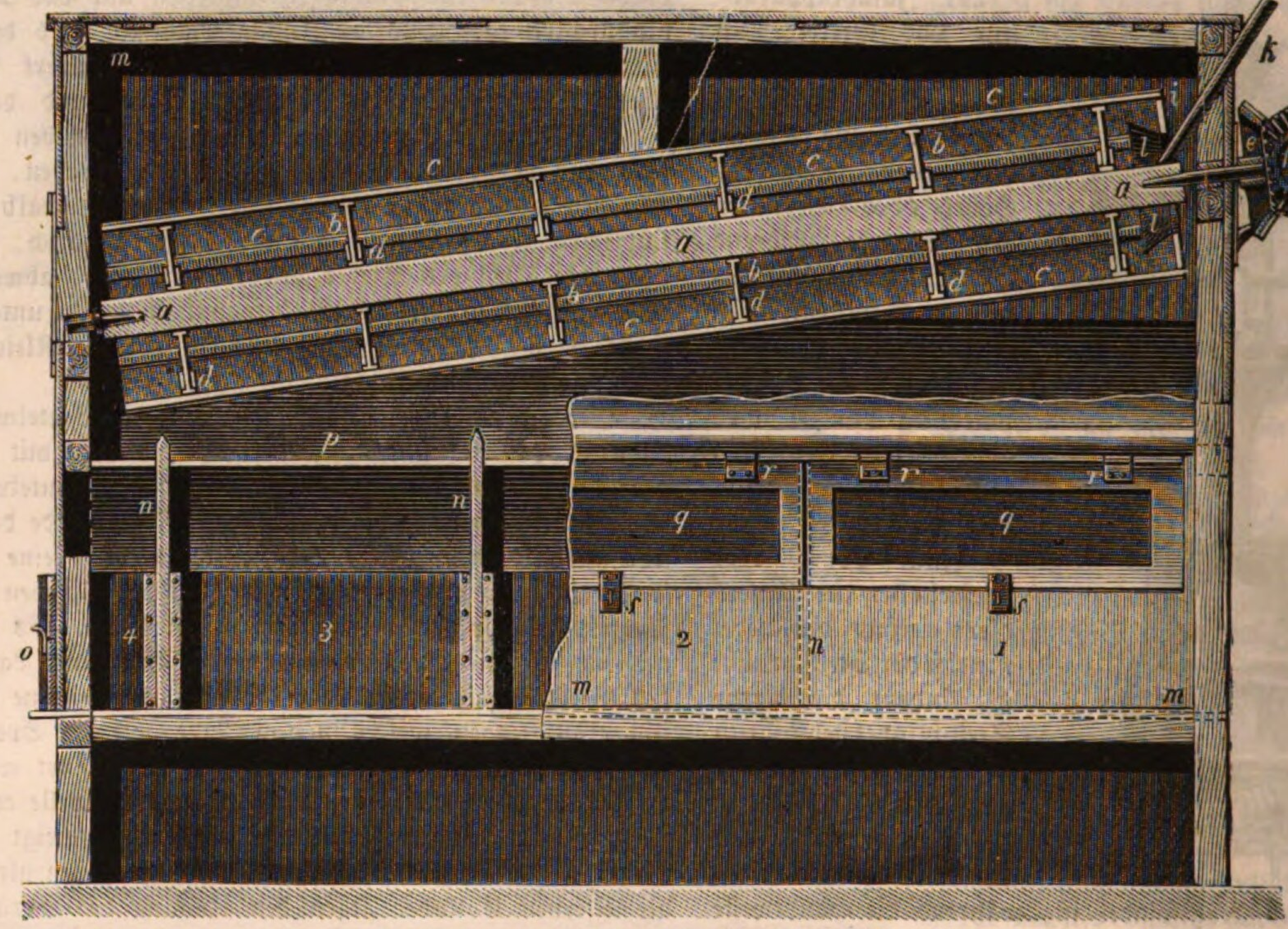
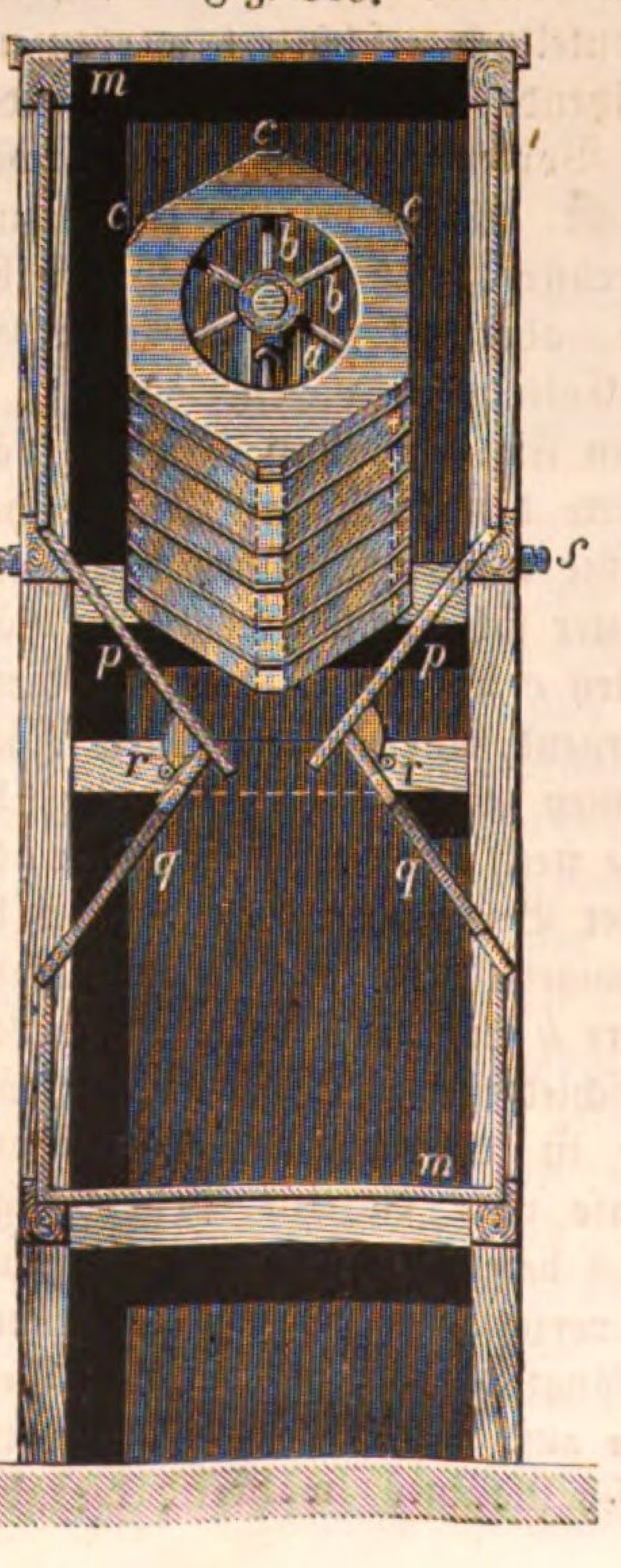


Fig. 309.



Die Bewegung der Welle *a* wird durch das conische Räderpaar *ef* bewirkt.

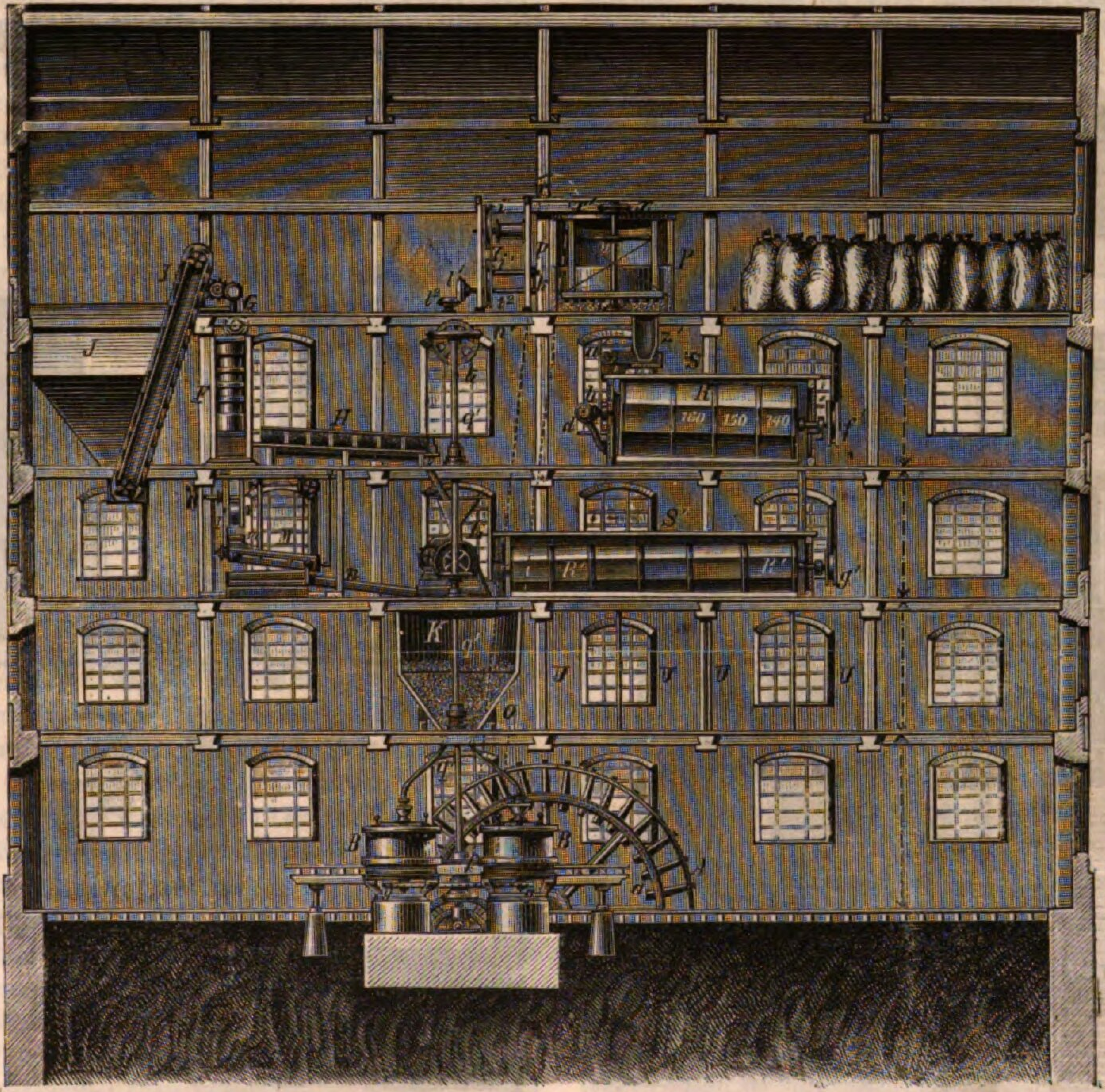
Um die Zusammenstellung der ganzen Einrichtung einer besseren, nach amerikanischem Princip construirten Mühle zu zeigen, möge noch in Fig. 310 ein Längendurchschnitt, in Fig. 311 ein Querdurchschnitt und in Fig. 312 ein Grundriß der von Cartier und Armengaud beschriebenen Mühle hier dargestellt werden. Als Triebkraft dient ein 4 bis 5 Umgänge in der Minute machendes Wasserrad *A*, welches die Bewegung durch das Stirnrad *a*, das Getriebe *b*, die eiserne Welle *c*, das Winkelräderpaar *d e*, welches auf einer das große Stirnrad *f* tragenden Welle sitzt, und endlich die vier Getriebe *g* auf die Eisen der Steine *B* überträgt.

Das Getreide wird in den Rumpf *J* ausgeschüttet, der genügend groß ist, um die Mühle während 12 Stunden zu speisen. Von dort bringt es der Aufzug oder das Paternosterwerk *I* auf die erste Reinigungsmaschine *G*, einen kurzen liegenden Cylinder von durchlöchertem Eisenblech, dessen Löcher so groß sind, daß die Getreidekörner hindurchfallen, aber alle größeren Stücke, Steine u. dgl. darin zurückbleiben. Von hier tritt es in den zweiten senkrecht stehenden Reiniger *F*, dessen Mantel aus reibeisenförmig gehauenem Blech besteht, und wird darin durch sich drehende Bürstencylinder gegen die scharfen Seiten desselben gerieben, um anhaftenden Schmutz abzulösen, der nebst kleinen Körnern, Samen von Unkraut 2c. in dem großen Sieb *H*, dessen Oeffnungen so regulirt sind, daß sie Alles, was kleiner als die Getreidekörner ist, durchgehen lassen, sich sammelt. Hat man ein sehr hartes Getreide zu vermahlen, oder sind ihm Steinchen von solcher Größe beigemischt, daß sie sich durch die Reinigungsapparate nicht wohl von den Körnern trennen lassen, so läßt man es zweckmäßig vor dem Mahlen durch ein Paar horizontal liegende Quetschwalzen *L* gehen, die so gestellt sind, daß sie durch ihren Druck die Körner und Steinchen zerdrücken, ehe sie in den Rumpf *K* fallen, der sie den Mühlsteinen *B* zuführt.

Das gemahlene Getreide wird von den Steinen durch ein Paternosterwerk *O* bis in die oberste Etage des Ge-

bäudes gehoben und dort durch den Canal s in den großen Behälter P entleert, worin es durch ein mechanisches Rührwerk beständig umgeschaufelt wird, um es vollständig abzukühlen. Dicht unter diesem Behälter liegen die Beutelwerke R, über denen ein kleiner Rumpf Z und ein Rohr Z' liegen, die ihnen das abgekühlte Mahlgut zuführen. In dem Rohr Z' sind Schieber angebracht, durch welche man die Zuführung zu dem

Fig. 310.



Rumpfe Z regulirt. Der letztere besteht aus einem Siebkasten mit so weiten Maschen, daß alles Mehl und Gries hindurchgeht, während die Hülsen darauf zurückbleiben. Durch Daumen, die an der Welle a' befestigt sind, und durch hölzerne Federn wird diesem Rumpfe eine schüttelnde Bewegung ertheilt, um das Absieben zu bewirken.

Das eigentliche Beutelwerk ist dem oben dargestellten und beschriebenen sehr ähnlich, es besteht aus einem drehbaren, durch Latten gebildeten sechsseitigen Prisma, welches mit Seidenzeug bespannt ist. Die eingeschriebenen Nummern bezeichnen die Weite der Maschen nach Art der französischen Fabrikanten, so zwar, daß die Zahlen angeben, wie viel Fäden die Kette auf einem Stücke von 27 Millimeter oder einem alten französischen Zoll enthält. Das Durchgehen des Mehles wird hier nicht durch das Anschlagen von eisernen Cylindern, sondern durch hölzerne Hämmer, die durch Federn von außen auf die Latten schlagen, bewerkstelligt.

Das Beutelwerk besteht aus zwei Siebcylindern SS, welche neben einander in dem Mehlkasten R liegen. Aus dem Kasten gelangt das Mehl entweder durch ein hölzernes Rohr oder mittelst einer endlosen Schraube in die Kammer T, wo man entweder die verschiedenen Sorten in richtigem Verhältniß mischt oder sie auch einzeln nach einander auffängt, um sie verpacken zu können.

Die Theile, welche nicht fein genug sind, um durch die Seidengaze des Beutelwerkes zu gehen, fallen am unteren Ende heraus. Sie bestehen aus Gries und aus Kleie von verschiedenem Werth. Die Kleie, sowie die im Rumpfe Z abgesiebten Hülsen kommen in das große Beutelwerk S', welches in dem Mehlkasten R' liegt. Dieses ist mit weit gröberer Gaze bespannt, der obere Theil mit den Nummern 100 bis 80 oder auch weniger, der untere Theil mit grobem Leinen. Hier findet eine Separation des Schwarzmehles und der Kleie Statt. Die verschiedenen hier gewonnenen Sorten Mehl und Kleie werden in großen hölzernen Kasten, die bei UU ihren Platz finden, aufgefangen. Der Gries wird auf einem besonderen Mahlgange gemahlen, wird dann mit dem Paternosterwerk V in die Höhe geschafft, in dem Behälter X, welcher eben so construirt ist wie P, gekühlt und dann in den Beuteln R'' und R''' gesiebt.

Von den übrigen Apparaten bezeichnet Z die Vorrichtungen zum Einfüllen des Mehles in Säcke und Y einen Aufzug, um die Getreide- oder Mehlsäcke bis in die oberste Etage zu schaffen. Die Füllvorrichtungen bestehen je in einem unten und oben offenen Blechrohr, welches in dem Boden der Mehlvorrathsräume eingelassen ist und unten durch eine Klappe, ähnlich wie ein Ofenrohr, gesperrt werden kann. Die leeren Säcke werden mit ihrer

Fig. 311.

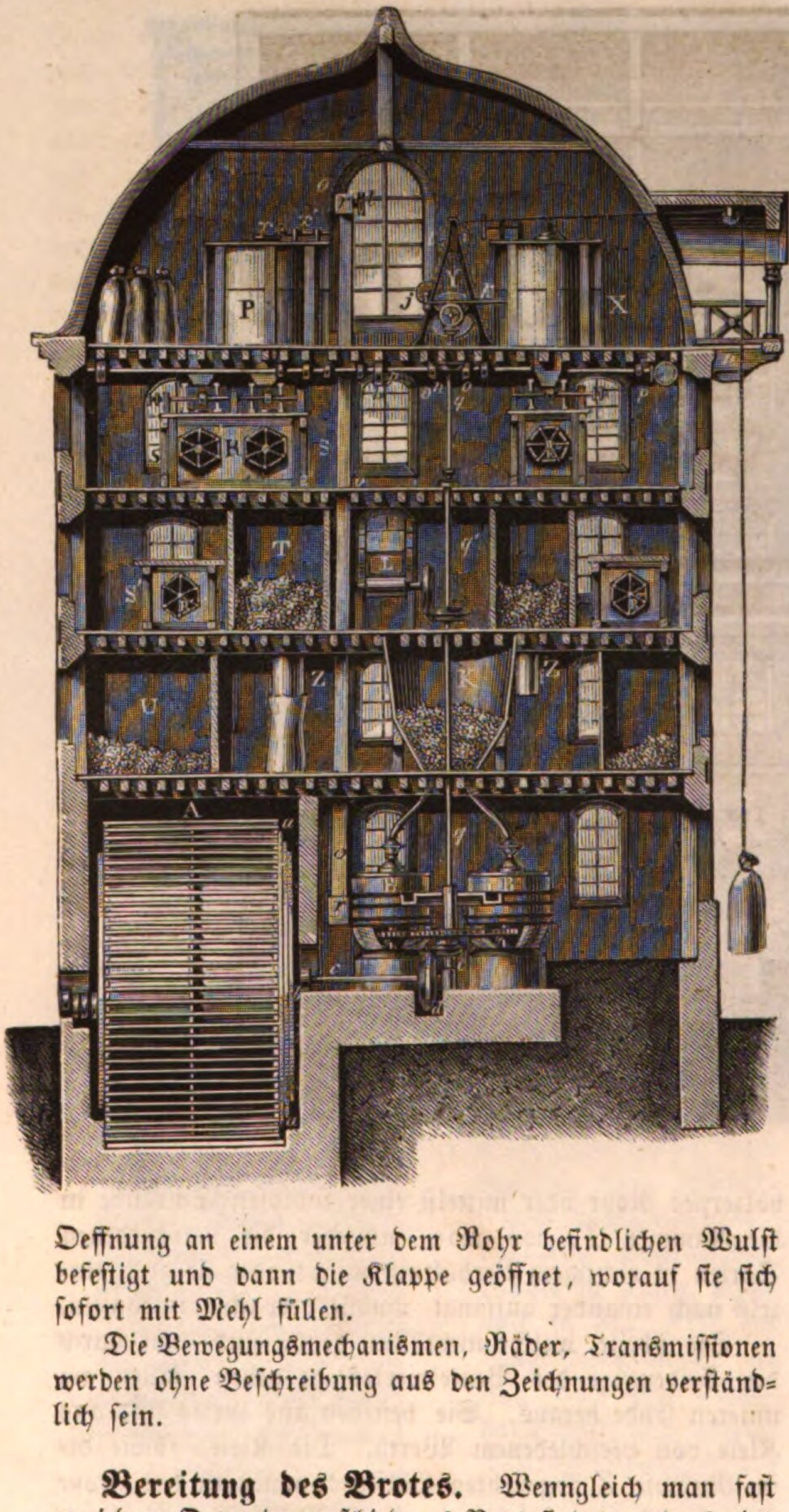
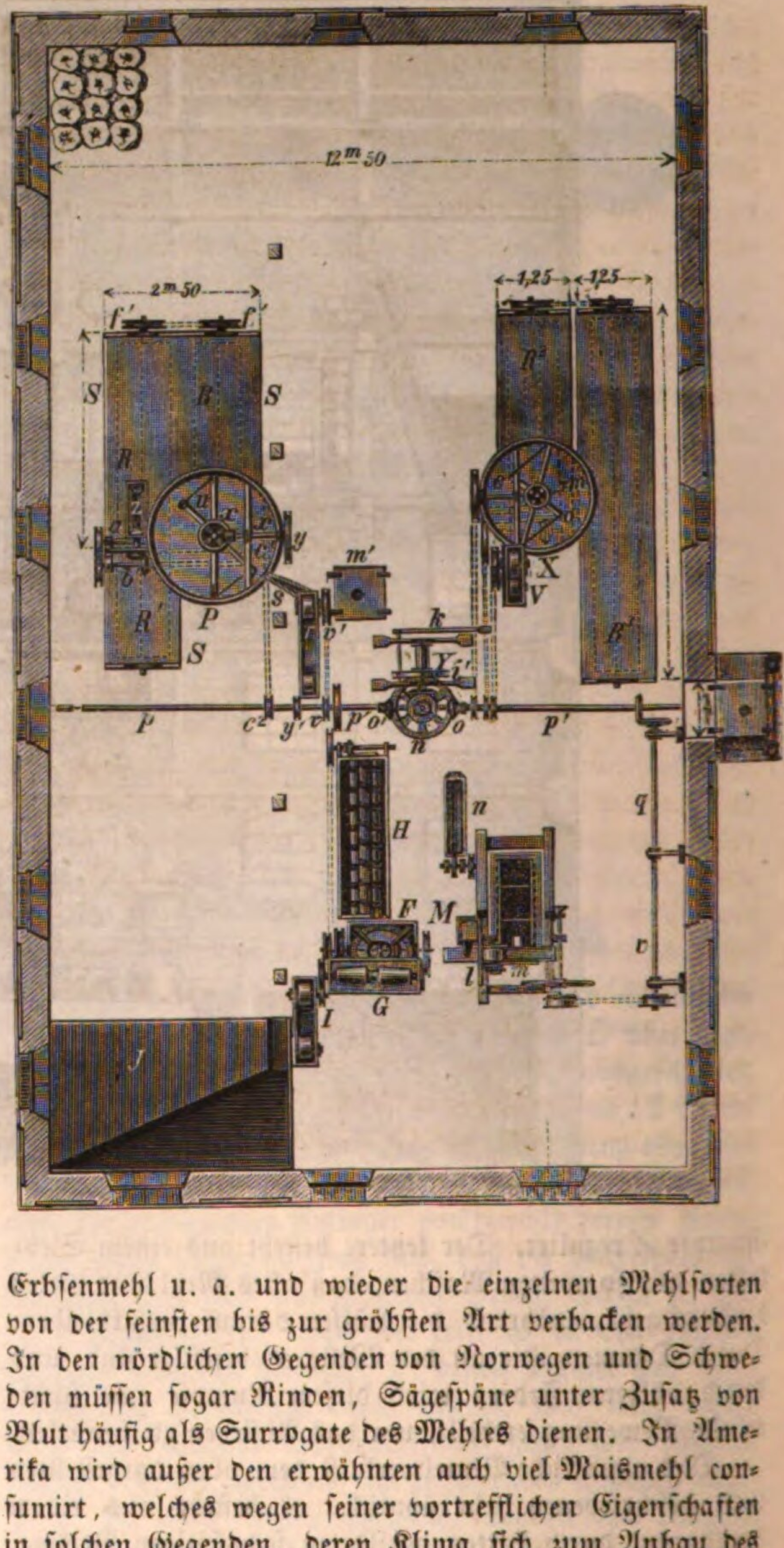


Fig. 312.



Oeffnung an einem unter dem Rohr befindlichen Wulst befestigt und dann die Klappe geöffnet, worauf sie sich sofort mit Mehl füllen.

Die Bewegungsmechanismen, Räder, Transmissionen werden ohne Beschreibung aus den Zeichnungen verständlich sein.

Bereitung des Brotes. Wenngleich man fast an jedem Orte ein verschiedenes Brot findet, und es eine große Menge verschiedener Brotsorten giebt, so kommen doch fast alle Backmethoden darin überein, daß das Mehl mit einer angemessenen Menge Wasser, dem zur Würzung des Geschmacks Salz zugesellt ist, und einem Gährungsmittel zu einer plastischen, zähen Masse, zu Teig geknetet und daß nach beendigter Gährung der Teig in einem Ofen einer höheren Temperatur ausgesetzt wird.

Der Begriff Mehl ist dabei im weitesten Sinne zu nehmen, insofern nicht allein Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafermehl, sondern auch Mischungen derselben unter sich, und auch unter Umständen unter Zusatz von Bohnen-, Erbsenmehl u. a. und wieder die einzelnen Mehlsorten von der feinsten bis zur gröbsten Art verbacken werden. In den nördlichen Gegenden von Norwegen und Schweden müssen sogar Rinden, Sägespäne unter Zusatz von Blut häufig als Surrogate des Mehles dienen. In Amerika wird außer den erwähnten auch viel Maismehl consumirt, welches wegen seiner vortrefflichen Eigenschaften in solchen Gegenden, deren Klima sich zum Anbau des Mais eignet, mehr beachtet zu werden verdiente, als es bis jetzt geschieht.

Der Zusatz eines Gährungsmittels oder Ferments bezweckt die Lockerung des Teigs, wodurch die Krume des Brotes mit unzähligen Bläschen und Poren durchsetzt wird, die ihr die Lockerung und leichte Verdaulichkeit sichern. Diese Lockerung ist so sehr eine Eigenthümlichkeit des Brotes, daß Gebäcke, bei denen sie nicht hervorgebracht ist, wie z. B. die Mazzen der Israeliten, kaum die Bezeichnung Brot rechtfertigen.

Es giebt jedoch sehr verschiedene Methoden, diese Lockerung hervorzubringen; die gewöhnlichste und bis jetzt

noch all überall ausgeführte ist die durch Zusatz eines Gährmittels, von den anderen wird weiter unten gehandelt werden. Zur Erregung der Gährung wird Hefe benutzt, die derartig auf den im Mehle enthaltenen Zucker wirkt, daß derselbe sich in Alkohol und Kohlensäure spaltet, wobei gleichzeitig aus den stickstoffhaltigen Bestandtheilen neue Hefe gebildet wird. Die Kohlensäure ist bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig. Da sie gleichzeitig auf allen Stellen des Teigs gebildet wird, insofern dieser richtig bereitet ist, so wird sie im Augenblick ihres Entstehens zu entweichen suchen. Dem setzt aber die Zähigkeit des Teigs ein Hinderniß entgegen, die gasförmige Kohlensäure bleibt daher eingeschlossen und kann nur den Teig um ein ihrem Volum Entsprechendes ausdehnen. Je mehr Kohlensäure daher gebildet wird, um so mehr wird auch der Teig sein Volum vergrößern oder aufgehen. Durch die Neubildung der Hefe während der Gährung wird der Teig selber zum Ferment und es genügt eine kleine Menge des gegohrenen Teiges, um die Gährung im frischen Teige hervorzurufen. Läßt man solchen Teig längere Zeit liegen, so gehen noch andere Veränderungen damit vor, die ganz dieselben sind wie bei der gährenden Branntweinmaische, nämlich neben der alkoholischen oder Weingährung tritt ein anderes Ferment in Thätigkeit, welches aus dem noch übrig bleibenden Zucker Milchsäure bildet, und solcher Teig enthält dann neben dem Weingeistferment auch eine große Menge Milchsäureferment, so daß er mit frischem Teig zusammengeknetet gleichzeitig als Alkohol- und Milchsäurebilder wirkt. Es ist dieses um so mehr der Fall, je längere Zeit man den gegohrenen Teig aufbewahrt hat. Nach dieser Eigenschaft bezeichnet man den Teig, welchen man von einer Operation zur anderen behufs der Erregung der Gährung zurückhält, als Sauerteig, woraus man jedoch nicht folgern darf, daß mit Sauerteig nur saures Brot zu erzeugen sei. In Städten, wo fast ohne Unterbrechung Brot gebacken wird, stellt man mit Sauerteig ein vollkommen wohlschmeckendes nicht im Geringsten saures Brot dar, weil eben dem Milchsäureferment nicht Zeit genug gelassen wird, sich zu entwickeln, während man auf dem Lande meist ein saures Brot ißt, weil der Sauerteig nicht selten zwei bis drei Wochen aufbewahrt wird und dann alle Bedingungen zur Milchsäuregährung gegeben sind.

Die Anwendung des frischen Sauerteiges führt den Nachtheil mit sich, daß das Brot seine feine weiße Farbe verliert und leicht grau wird. Ohne sich dieses erklären zu können, hat man daher den Gebrauch des Sauerteiges meist auf das Backen des Roggenbrotes und solcher Brotsorten, bei denen die Farbe nicht wesentlich ist, beschränkt und zum feinen Weizenbrot statt dessen Hefe angewandt. Erst in neuerer Zeit ist durch die Untersuchungen von Mège-Mouriès nachgewiesen worden, daß die Färbung durch das oben erwähnte Cerealin bedingt ist, welches als Ferment wirkt und dabei eine Zersetzung des Klebers unter brauner oder schwarzer Färbung desselben herbeiführt. Wie diese Einwirkung des Cerealins unschädlich gemacht werden kann, wird unten bei der Beschreibung dieser neuen Backmethode gezeigt werden.

Sobald die Gährung des Teiges so weit vorgeschritten ist, daß das Volum des Teiges sich nicht mehr vergrößert, wird der aufgegangene Teig in den Ofen, welcher etwa auf 250 bis 300° C. geheizt ist, eingeschoben. Mit der Erhitzung wird die Gährung unterbrochen, der Teig fängt aber, sobald er in den Ofen eingeschossen ist, von Neuem an zu gehen und vergrößert sein Volum bald auf das Doppelte. Durch das Erhitzen wird die in unzähligen Bläschen im Teig enthaltene Kohlensäure ausgedehnt, der bei der Gährung gebildete Alkohol wird in Dampfform verwandelt, und durch beide werden die Bläschen im Teige vergrößert, verdoppelt, so daß der Teig bei seiner elastischen Beschaffenheit sich ausdehnen muß. Gleichzeitig quellen die Stärkemehlkügelchen auf und binden das Wasser, der feuchte Teig ist nach dem Ausbacken trocken, ebenso wie die stärkemehlreiche Kartoffel, aus der sich im rohen Zustande Saft auspressen läßt, nach dem Garkochen krümlich ist und beim Druck kein Wasser mehr abgiebt. Durch dieses Aufquellen des Stärkemehls gewinnt der Teig seine Festigkeit, die verhindert, daß die Blasenräume beim etwaigen Entweichen des Gases zusammenfallen. Ein Teig, der vor dem Backen zu lange liegt, verliert durch Verdunstung und Diffusion den größten Theil der Kohlensäure, er fällt zusammen, weil eben die Wandungen der Poren nicht Widerstandsfähigkeit genug haben, um das Gewicht der darüber befindlichen Theile tragen zu können. Das aus solchem Teig gebackene Brot entbehrt nothwendiger Weise der Lockerheit, es ist dicht und schliffig. Dieses letztere wird aber nicht allein durch zu langes Liegen herbeigeführt, sondern auch durch fehlerhafte Beschaffenheit des Teiges und namentlich dann, wenn beim Ankneten zu viel Wasser genommen ist, oder wenn dem Mehle durch einen zu geringen Gehalt an Kleber, oder durch eine Zersetzung des Klebers die Eigenschaft einen elastischen Teig zu bilden fehlt.

In dem Maße, wie der Teig weiter erhitzt wird, verdampft ein Theil des Wassers, zugleich bildet sich aber an den Außenwänden, die mit der heißeren Sohle des Ofens in Berührung sind, oder unmittelbar von der strahlenden Wärme des Gewölbes getroffen werden, eine dichte feste Schicht, die Kruste, welche weiter ausgetrocknet ist wie das Innere und nun den Wasserdämpfen den Ausgang versperrt. In dieser Schicht geht eine weitere Verwandlung des Stärkemehls vor sich, oder vielmehr die Verwandlung des Stärkemehls bedingt die Bildung der Kruste. Es wird nämlich durch die Einwirkung der Wärme ein Theil der Stärke in Dextrin, lösliche Stärke, Gummi umgebildet, welches in einem Minimum von Wasser löslich ist und bei der Verdampfung dieses Wassers als ein glänzender Ueberzug zurückbleibt. Je nach der Temperatur des Ofens wird diese äußere Schicht weiter zersetzt; ob dieses die Stärke, das aus derselben gebildete Gummi, oder den Zucker betrifft, ist nicht bekannt; es bildet sich dabei aber zunächst eine Substanz, die die Kruste des Brotes gelb färbt, bei stärkerer Erhitzung wird die Farbe braun, bis endlich Verkohlung eintritt.

Die Natur und Eigenschaften dieser färbenden Substanz sind noch sehr wenig bekannt. Keinenfalls ist es ein einfacher Körper, sondern jedenfalls ein Gemenge verschiedenartiger, die sich bei weiter gehender Erhitzung fortwährend verändern. Reichenbach hat diese Stoffe wegen ihres eigenthümlichen bitteren Geschmacks Röst-

bitter oder Assamar genannt. Isolirt man sie durch Ausziehen mit Alkohol und Aether soweit als möglich, so sollen sie nach v. Bibra ähnliche Wirkungen auf den menschlichen Organismus wie der Genuß des gerösteten Kaffee's, des Thee's ꝛc. haben und nervenbelebend und erfrischend sein.

Erst mit der vollendeten Bildung der Kruste ist der Teig ausgebacken und in Brot verwandelt. Das Brot wird dann aus dem Ofen genommen und ist nach dem Erkalten consumtionsfähig. Das frische Brot hat eine harte spröde Kruste, eine weiche elastische Krume, vermischt sich beim Kauen leicht mit dem Speichel und besitzt bei richtiger Beschaffenheit des Teiges den höchsten Grad des Wohlgeschmacks. Nach kurzer Zeit verändert dieses sich jedoch sehr und zwar um so rascher, je kleiner die Bröte sind. Die spröde Kruste wird weich, die Krume verliert ihre Elasticität, wird anfangs bröcklich und krümlich, später hart und zerbrechlich, im Munde verursacht sie das Gefühl der Trockenheit und erfordert eine große Menge Speichel, um zu schmackhaften Bissen geformt zu werden. Es liegt sehr nahe, diese Veränderung auf einen Verlust an Wasser zu schieben, da alle diese Eigenschaften auf eine Austrocknung hindeuten. Um hierüber Aufschluß zu erhalten, wurde von Boussingault eine Reihe von Beobachtungen angestellt. In ein Brotlaib von 33 Centimeter Durchmesser und 14 Centimeter Dicke wurde, unmittelbar nachdem es aus dem Ofen genommen und gewogen war, ein Thermometer bis zur Mitte eingesenkt und nun während mehrerer Tage Beobachtungen der Temperatur im Innern des Brotes und der umgebenden Luft angestellt und Wägungen vorgenommen.

Die Resultate ergeben sich aus folgenden Zahlen:

Datum.	Stunde.	Temperatur nach Celsius. Brot.	Luft.	Gewicht des Brotes. Kilogr.	Gewichtsdifferenz. Proc.
12. Juni	9 Uhr Morgens	97,0	19,0	3,760	100,00
" "	10 " "	81,0	19,1	"	"
" "	11 " "	68,0	19,0	"	"
" "	12 Uhr Mittags	58,0	19,1	"	"
" "	1 " Nachmittags	50,2	19,0	3,735	99,34
" "	2 " "	44,0	19,0	"	"
" "	3 " "	38,6	18,9	"	"
" "	4 " "	34,7	19,0	"	"
" "	5 " "	31,6	18,7	"	"
" "	6 " "	28,9	18,6	"	"
" "	8 " "	25,0	18,4	"	"
" "	10 " "	23,0	18,3	"	"
13. "	7 " Morgens	18,8	18,1	"	"
" "	9 " "	18,3	18,1	3,730	99,20
" "	10 " "	18,1	18,1	"	"
" "	11 " "	18,0	18,0	"	"
" "	12 " Mittags	18,0	17,9	"	"
" "	2 " Nachmittags	18,0	18,0	"	"
" "	7 " "	17,8	17,7	"	"
14. "	9 " Morgens	17,0	17,4	3,727	99,12
15. "	9 " "	16,1	16,5	3,712	98,72
16. "	9 " "	15,8	16,3	3,700	98,40
17. "	9 " "	—	—	3,696	98,30
18. "	9 " "	—	—	3,690	98,14

Ein anderes Brot derselben Größe von demselben Gebäck wurde daneben gelegt und zum Probiren gebraucht. Nach einem zwanzigstündigen Liegen war dasselbe halb altbacken, die Rinde hatte ihre Sprödigkeit verloren. Bis zu dieser Zeit hatte das andere Brot, trotzdem es 11 Stunden gebrauchte, um auf 23° C. abzukühlen, nur 0,80 Proc. seines Gewichts verloren und also trotz seiner bedeutenden Wärme nur so viel Wasser verdampft. Nach Verlauf von sechs Tagen betrug der Gewichtsverlust noch nicht 2 Proc., das Brot war aber sehr altbacken geworden.

Ein Verlust von nicht ganz 2 Proc. Wasser kann aber unmöglich bei Brot, welches etwa 35 bis 40 Proc. seines Gewichts Wasser enthält, so tiefgreifende Wirkung ausüben, als es das Altwerden ist. Es ist nun seit lange bekannt, daß man altes Brot leicht wieder frisch machen kann, wenn man es erwärmt. Die harte trockne Krume erscheint dann wieder weich, feucht und ist im Geschmack kaum von wirklich frischem Brot zu unterscheiden.

Das obige alt gewordene Brot von 3,690 Kilogramm wurde mit eingesenktem Thermometer wieder in den Backofen gebracht und nach einer Stunde, als das Thermometer auf 70° C. gestiegen war, herausgenommen. Es erwies sich als vollkommen frisch. Sein Gewicht war aber auf 3,570 Kilogrm. gesunken, es hatte also bei dem Aufwärmen ein Gewichtsverlust von 3,3 Proc. stattgefunden. Da trotz eines solchen Gewichtsverlustes, der fast doppelt so groß wie der ganze Verlust während der vorhergehenden sechs Tage ist, das alte Brot wieder die Eigenschaften des frischen zeigte, so ist es nicht möglich, daß ein Wasserverlust die Ursache des Altwerdens ist. Das Altwerden tritt jedesmal ein, sobald Brot einige Zeit aus dem Ofen genommen ist, selbst wenn es in einer vollkommen mit Wasser gesättigten Atmosphäre aufbewahrt wird, es wird aber immer wieder frisch, sobald man es nur gelinde erwärmt, wozu eine Temperatur von 50° C. schon ausreichend ist.

Man könnte hieraus mit Boussingault folgern, daß das Altwerden des Brotes durch einen besonderen Molecularzustand bedingt sei, welcher während der Erkaltung eintritt, sich in Folge derselben entwickelt und so lange besteht, als die Temperatur eine gewisse Grenze nicht überschreitet. Wenn dem so wäre, wenn also das Altwerden nur eine Folge der Erkaltung wäre, so müßte offenbar im Sommer, wo zur Abkühlung lange Zeit erforderlich ist, das Brot lange frisch bleiben, während es im Winter, wo alle Bedingungen der raschen Abkühlung weit günstiger sind, auch viel rascher alt werden müßte. Das ist aber nicht der Fall. Es scheint vielmehr zur Herbeiführung dieser Molecularveränderung eine gewisse Zeit erforderlich zu sein, während welcher die Atome des aufgequollenen Stärkemehls oder vielleicht des Klebers eine chemische Verbindung mit dem Wasser eingehen, eine Verbindung, die aber nur bei gewöhnlicher Temperatur bestehen kann, während sie durch Wärme wieder aufgehoben wird, um nach dem Erkalten und nach gewisser Zeit wieder einzutreten.

Verschiedene Backmethoden. Es ist schon oben erwähnt, daß die Bereitung des Brotes auf sehr verschiedene Weise vorgenommen wird; um hierfür ein Beispiel zu geben, mögen folgende Angaben verschiedener Autoren hier Platz finden.

Wiener Backmethode des Bäckermeisters S. Th. Frank. Um einen guten Teig sowohl zu Weizen-, als

Roggenbrot darzustellen, wird die dazu bestimmte Menge Mehl zunächst in den Backtrog gebracht und im Winter einige Stunden der Temperatur des Backlocales ausgesetzt. Dann wird aus einem Theile des zuvor rein gesiebten Mehles, in warmen Sommertagen aus etwa 20 Pfd. Mehl und 12 Pfd. Wasser, im Winter aus ebensoviel Mehl und etwa 8 Pfd. Wasser und irgend einem Gährungsmittel ein dünner Teig bereitet, wobei zu bemerken ist, daß bei geringeren kleberarmen Mehlen etwas weniger Wasser genommen und der Teig trockner gehalten werden muß. Bei dem Wasserzusatz und der Menge des Gährungsmittels kann man sich aber nie genau an eine bestimmte Vorschrift binden, da je nach der Beschaffenheit des Materials Abänderungen nothwendig erscheinen können, so z. B. erfordert ein sehr trocknes Mehl mehr Wasser als ein etwas feuchtes vertragen würde, zu einem guten Mehl kann mehr Gährmittel verwandt werden als zu geringem. Durchschnittlich kann man jedoch 8 Loth Hefe auf 20 Pfd. Teig, oder $1\frac{1}{2}$ Pfd. Sauerteig auf den Teig zu 40 Pfd. Brot rechnen. Ebenso wie man im Winter das Mehl etwas erwärmt, so ist es auch mit dem Wasser; man nimmt es im Sommer von gewöhnlicher Temperatur, im Winter aber von 20 bis 30° C., weil dadurch der Eintritt und der Verlauf der Gährung bedeutend befördert wird.

Bei der Bereitung dieses **Vorteiges** nimmt man die dazu bestimmte Menge Mehl in die eine Ecke des Troges, formt daraus einen Haufen und macht in die Mitte desselben eine Vertiefung, in welche man einen Theil des Wassers gießt und dieses soweit als möglich vom Mehle aufsaugen läßt, was man durch Einstürzen der Wände der Vertiefung befördert. In dem zugesetzten Wasser hat man vorher das Ferment durch sorgfältiges Anrühren möglichst vertheilt. Sobald das Wasser ziemlich vom Mehl aufgenommen ist, beginnt das Kneten, wobei der Bäcker mit geballten Fäusten den Teig möglichst kräftig bearbeitet und unter langsamem, aber kräftigem Druck die feuchteren Stellen mit trockneren mischt, wobei nach und nach die ganze Menge des Wassers hinzugethan wird. Erst nachdem auf diese Weise alle ungleichartigen Stellen zum Verschwinden gebracht sind und man nirgend mehr einen Ueberschuß an Feuchtigkeit so wenig wie trocknes Mehl bemerkt und die ganze Teigmasse einen durchaus homogenen Klumpen bildet, ist die saure Arbeit des Knetens des Vorteiges beendet.

Die Bildung dieses Vorteiges hat den Zweck, mit der ganzen Menge des Ferments in einem Theile des Teiges zunächst die Gährung einzuleiten, um dadurch die Gährung dann später auf die Gesammtmenge desselben zu übertragen. Um dieses zu erreichen, läßt man den Vorteig nach Bedeckung des Troges an einem warmen Orte einige Stunden lang stehen. Die Gährung des Vorteiges soll jedenfalls so lange dauern, bis der Teig stark aufgegangen ist und nicht mehr an Umfang zunimmt.

Je nachdem man größere oder geringere Mengen Brot zu bereiten hat, fügt man dann den Rest des Mehles auf einmal oder in zwei Portionen hinzu. Letzteres ist namentlich bei großen Gebäcken unerläßlich, da nur dadurch die Gährung recht gleichmäßig eintreten kann. Der Vorteig wird dabei abwechselnd mit kleinen Portionen Mehl und Wasser vermischt, bis die Hälfte des dem Vorteige zuzusetzenden Mehles consumirt ist, dann läßt man erst wieder eine kräftige Gährung eintreten und giebt schließlich den Rest des Mehles mit dem Wasser, worin man die für den Geschmack des Publicums erforderliche Menge Kochsalz gelöst hat, hinzu und knetet nun das Ganze so lange, bis der Teig an allen seinen Stellen durchaus gleichmäßig geworden ist.

Sobald hierin die Gährung sich wieder bemerklich macht, formt man den Teig in Stücke von zu den einzelnen Bröten erforderlicher Größe. Diese werden dann auf Brettern oder die größeren in Schüsseln von Eisenblech in die Nähe des Ofens oder an einen warmen Ort gestellt, wo die Hauptgährung eintritt, in Folge derselben sie ihr Volum nahezu verdoppelt. Sobald in dieser Beziehung das richtige Maß erreicht ist, kommen die Teigstücke in den Ofen, wo die Gährung durch die Wärme nach sehr kurzer Zeit unterdrückt wird, aber das Aufgehen in Folge der Expansion der Kohlensäure und der Dampfbildung des Alkohols bewirkt wird.

Die Dauer des Verweilens der Bröte im Ofen ist sehr verschieden und hat sich wesentlich nach der Größe derselben zu richten. Der Teig ist in Brot verwandelt, sobald sich eine Kruste von richtiger Farbe gebildet hat. Bei kleinem Gebäck ist dies in 15 bis 20 Minuten zu erreichen, für größere Brotlaibe sind 2 bis 3 Stunden erforderlich.

Backmethoden für Roggenbrot nach Prechtl. Sollen 40 Pfd. Brot gebacken werden, so werden am Abend vorher $1\frac{1}{2}$ Pfd. Sauerteig, der von einer früheren Operation bei Seite gelegt ist, in $\frac{3}{4}$ Pfd. warmem Wasser vertheilt und diese in drei Portionen mit $1\frac{1}{4}$ Pfd. Mehl verknetet. Die so erhaltenen $3\frac{1}{2}$ Pfd. Teig bestreut man mit etwas Mehl und läßt ihn etwa 8 Stunden lang, bis zum folgenden Morgen an einem mäßig warmen Orte stehen. Der nun gänzlich in Sauerteig übergegangene Vorteig wird sodann wieder in drei Portionen mit 3 Pfd. Mehl und 2 Pfd. Wasser durchgeknetet und der so gewonnene Teig, ein Gewicht von $8\frac{1}{2}$ Pfd., mit Mehl bestreut, mit einem Tuch zugedeckt und vier Stunden stehen gelassen. Hierauf werden 9 Pfd. Mehl und 5 Pfd. lauwarmes Wasser wieder in drei Malen zugeknetet, so daß nun die Menge des Teiges $22\frac{1}{2}$ Pfd. beträgt. Von diesem werden $1\frac{1}{2}$ Pfd. zum Sauerteig für das nächste Mal zurückgelassen und das Uebrige 2 Stunden in Ruhe gelassen, worauf der Rest des Mehles hinzukommt. Hierbei bringt man den gährenden Teig in die eine Ecke des Troges, schüttet dann 17 Pfd. Mehl davor, setzt $8\frac{1}{2}$ Pfd. lauwarmes Wasser nebst $\frac{1}{4}$ Pfd. Salz zum Teige und rührt ihn damit schnell zusammen. Sodann bildet man in dem vorgeschütteten Mehl eine Rinne, um den dünnen Teig in die Mitte des Backtroges fließen zu lassen, worauf man das Mehl allmälig mit demselben vermischt. Nachdem die Wände des Troges von anhängenden Teigmassen rasch befreit sind, setzt man noch $2\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser zum Teig, schüttet den Rest des Mehles darauf und beginnt nun das Ganze sorgfältig und anhaltend zu kneten, wobei man am besten den Teig in mehrere Portionen theilt und diese für sich bearbeitet und sie später vereint wieder durchknetet, sie darauf noch mehrere Male abwechselnd

theilt und wieder zusammenbringt, wodurch der Teig die größte Homogenität erreicht. Endlich wird nach Zusatz von $1\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser von Neuem mit immer verstärkter Gewalt geknetet. Der fertige Teig, zu welchem man im Ganzen 30 Pfd. Mehl und 20 Pfd. Wasser genommen hat, bleibt dann im Sommer eine Stunde, im Winter anderthalb Stunden zum Aufgehen an einem mäßig warmen Orte, worauf er in Bröte geformt etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde an einem warmen Orte verbleibt und dann zum Backen fertig ist.

Bei Anwendung von Hefe, wie es beim Backen des Weißbrots gewöhnlich geschieht, braucht man weit weniger Zeit, da dieselbe rascher die Gährung einleitet, wie der Sauerteig. Man kann sie entweder auf einmal mit der ganzen Menge Mehl zu Teig verkneten, oder zuerst mit der ganzen Menge Ferment und einem Theil des Mehles, ähnlich wie bei der oben beschriebenen Methode einen Vorteig bilden und diesen mit Mehl und Wasser verkneten.

Englische Methode der Londoner Bäcker. Die Operation wird mit der Bereitung des Ferments begonnen und dazu auf einen Sack oder 280 Pfd. des zu verbackenden Mehles 5 bis 6 Pfd. Kartoffeln gekocht, die geschält, zerrieben und mit 2 bis 3 Pfd. Mehl und einem Quart flüssiger Bierhefe unter Zusatz der erforderlichen Menge Wasser zu einem ganz dünnen gleichförmigen Brei angerührt werden. Es tritt sehr bald eine lebhafte Gährung ein, die nach Ablauf von drei Stunden genügend vorgeschritten ist; man kann jedoch unbeschadet der Güte des Ferments die Gährung länger, selbst sechs bis sieben Stunden dauern lassen, gewöhnlich verbraucht man das Ferment aber nach vier bis fünf Stunden.

Es wird nun zunächst der Vorteig gebildet, indem man das Ferment unter Zusatz von 20 Pfd. Wasser gut umrührt und so viel Mehl zugiebt, als die Masse unter Bildung eines ziemlich steifen Teiges aufnehmen kann. Dieser Teig wird an einem warmen Orte aufbewahrt. Nach ungefähr einer Stunde fängt die Gährung wieder an zu erscheinen, der Teig dehnt sich und geht auf. Bald darauf wird die Gährung so lebhaft, daß die Kohlensäure zum Theil entweicht und der Teig in Folge dessen zusammenfällt. Nach kurzer Zeit sammelt sich wieder eine genügende Menge Kohlensäure, um den Teig von Neuem und zwar noch einmal so stark wie das erste Mal aufgehen zu lassen, worauf aber auch wieder ein Zusammenfallen eintritt. Bei diesem Zeitpunkt ist der Vorteig genügend ausgegohren, bei warmem Wetter wartet man dieses zweite Fallen jedoch nicht ab, weil durch die verlängerte Gährung leicht Säuerung eintritt, sondern verwendet den Vorteig schon nach dem ersten Fallen. Im Allgemeinen ist das Brot wohlschmeckender, wenn man die Gährung des Vorteiges nicht zu lange dauern läßt und sie nach dem ersten Fallen unterbricht, es hat aber dieses den Nachtheil, daß der Teig nie so kräftig aufgeht und das Brot, wenn man nicht mit dem allerbesten Mehle arbeitet, und sogar häufig selbst beim besten Mehl, dichter und weniger locker wird, als wenn der Vorteig möglichst ausgegohren ist.

Die nächste Operation besteht darin, den Vorteig in Wasser, dem die richtige Menge Salz zugesetzt ist, zu vertheilen. Auf die obige Quantität Mehl von 280 Pfd. nimmt man $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{3}{4}$ Pfd. Salz, wobei man sich theils nach dem Geschmack der Consumenten, vorzüglich aber nach der Beschaffenheit des Mehles richtet, indem ein frisches Mehl, oder geringere Mehlsorten immer mehr Salz erfordern, um dem Teig die nöthige Steifheit zu geben, als die besseren und abgelagerten Mehle. Die Quantität des Wassers wird so regulirt, daß der darin zu einer dünnen Flüssigkeit vertheilte Vorteig ein ebenso großes Volum wie 140 Pfd. Wasser einnimmt, oder daß man etwa 150 Pfd. Flüssigkeit erhält. Es kann diese Zahl jedoch nur als Annäherung betrachtet werden, da man sich bei dem Zusatze des Wassers sehr nach der Beschaffenheit des Mehles zu richten hat: ein sehr gutes Mehl verträgt noch mehr Wasser, ein schlechtes weniger. Wesentlich ist, daß der Vorteig sehr gleichmäßig mit dem Wasser vermischt werde, daß keine Klumpen desselben zurückbleiben, sondern ein ganz gleichmäßig dünner Brei erzielt werde. Nachdem dies geschehen ist, wird der Rest des Mehles nach und nach zugegeben und damit zu Teig geknetet.

Den fertigen Teig läßt man etwa anderthalb bis zwei Stunden aufgehen, vertheilt ihn dann in Stücke von $4\frac{1}{4}$ Pfd. Gewicht, die sofort in den Ofen kommen und nach dem ausbacken, wozu bei einer anfänglichen Temperatur des Ofens von 300° C., die während des Backens auf 210 bis 220° C. sinkt, etwa eine Stunde Zeit erforderlich ist. Man gewinnt dabei aus dem Sacke Mehl 94 Stück sogenannte 4 Pfd. Bröte, denen aber durchschnittlich 8 bis 16 Proc. Gewicht fehlt.

Als Fermente benutzt man in den englischen Bäckereien theils Bierhefe, aus den Alebrauereien, theils aus Deutschland und Holland eingeführte Preßhefe (die Darstellung der Preßhefe ist bei der englischen Besteuerung der Branntweinbrennerei nicht möglich), theils sogenannte Patenthefe. Die letztere ist im Wesentlichen ein durch Zusatz von Hefe in Gährung versetzter Mehlaufguß, dem manche Bäcker noch eine Abkochung von Hopfen zugeben. Bei Anwendung dieses Ferments muß man dem Teig längere Zeit zum Aufgehen lassen und deshalb ihn nicht vor einer drei- bis vierstündigen Gährung verbacken.

Backmethoden der Pariser Bäcker. Dieses Verfahren für Weißbrot unterscheidet sich wesentlich von dem vorhergehenden dadurch, daß immer mit Sauerteig, d. h. mit einer Portion des am vorherigen Tage dargestellten Teiges gebacken wird, das Aufgehen des eigentlichen Teiges, nach der Darstellung des Vorteiges wird aber durch Zusatz einer verhältnißmäßig geringen Menge Hefe unterstützt.

Zur Herstellung des Weißbrotes wird nur Mehl erster Sorte verwandt und dieses besteht aus feinstem Mehl, Blumenmehl, Mehl vom ersten weißen Gries und Mehl aus zweitem weißen Gries, und zwar wird das Korn so gemahlen, daß man dabei 70 Proc. von diesem Mehl, 10 Proc. mittelgrobe und feine Kleie und 20 Proc. schwarze Grütze erhält; die letztere besteht aus 3 Proc. feiner Kleie und 17 Proc. Mehl.

Abends um acht Uhr nimmt man ein Stück Teig des fertigen Gebäcks, welches aus 8 Kilogrm. Mehl und 4 Kilogrm. Wasser besteht, und überläßt diesen Sauerteig bis Morgens sechs Uhr sich selbst. Darauf wird der Sauerteig durch Zusatz von 8 Kilogrm.

Mehl und 4 Kilogrm. Wasser zum ersten Male angefrischt. Um zwei Uhr Nachmittags erfolgt das zweite Anfrischen mit 16 Kilogrm. Mehl und 8 Kilogrm. Wasser. Endlich um fünf Uhr wird der Vorteig fertig gemacht, indem 100 Kilogrm. Mehl und 52 Kilogrm. Wasser, dem 0,2 bis 0,3 Kilogrm. Hefe zugesetzt sind, eingeknetet werden. Man hat so 200,2 Kilogrm. Vorteig. Dieser bleibt bis sieben Uhr Abends liegen und wird dann mit 132 Kilogrm. Mehl, 68 Kilogrm. Wasser, 2 Kilogrm. Kochsalz und 0,3 bis 0,6 Kilogrm. Hefe zum eigentlichen Teige verarbeitet, dessen Gewicht dann im Ganzen 402 Kilogrm. beträgt und worin 264 Kilogrm. Mehl enthalten sind.

Aus diesem Quantum Teig werden fünf bis sechs Gebäcke gemacht, indem man in folgender Weise verfährt.

Erstes Gebäck. Die Hälfte des Teiges wird zu Brotlaiben geformt, die man in geflochtenen Körben zunächst aufgehen läßt und dann ausbäckt. Das Brot von diesem Gebäck ist sauer, etwas schwärzlich, die Kruste eben und ohne Risse. Auf die Anwesenheit dieser Risse in der Kruste, die bei uns wenig beachtet werden, legt man in Frankreich großes Gewicht.

Zweites Gebäck. Der beim ersten Gebäck übrig bleibende Teig wird mit 132 Kilogrm. Mehl und 68 Kilogrm. Wasser, in welchem 2 Kilogrm. Salz und 0,3 bis 0,6 Kilogrm. Hefe vertheilt sind, verarbeitet. Die Hälfte dieses Teiges wird verbacken und liefert ein weißeres und besseres Brot als das erste Gebäck.

Drittes Gebäck. Die zweite Hälfte des Teiges des zweiten Gebäcks wird ebenso unter Zusatz derselben Mengen Mehl, Wasser, Salz, Hefe behandelt, wie beim zweiten Gebäck und wieder nur die Hälfte des Teiges verbacken. Der Rest dient zum vierten Gebäck, welches ebenso dargestellt wird, und die hiervon zurückgelassene Hälfte wieder unter Zusatz derselben Materialien zum fünften Gebäck, aus dem alle Luxusbrode gebacken werden.

Verbesserte Backmethode nach Mège-Mouriès. Bei der gewöhnlichen Backmethode kann man zur Herstellung des weißen Brotes nur das Mittelmehl und feinste Mehl anwenden, von dem man beim Mahlen etwa 70 bis 73 Proc. vom Gewicht des Kornes erhält. Der Rest des Mehles liefert, wenn man ihn von der groben Kleie trennt oder mit dieser verbackt, nur ein schwarzes Brot. Die Verbesserung geht nun darauf hinaus, die Backoperationen so zu leiten, daß man statt früher nur 70 bis 73 Proc. Mehl, jetzt circa 84 Proc. verwenden kann, und nur weißes Brot erhält, welches sich durch größere Nahrhaftigkeit vom gewöhnlichen Brot unterscheidet. Die Schwärzung des aus den geringeren Sorten Mehl gebackenen Brotes wurde früher allgemein dem Kleiengehalt zugeschrieben und deshalb unter Opferung eines großen Theiles guten Mehles für vollständige Absonderung der Kleie gesorgt. Dem ist aber nicht so. Die Schwärzung wird indirect durch einen in der Embryoschicht des Kornes enthaltenen Stoff, das Cerealin, und durch die diese Schicht umhüllende Membran hervorgebracht. Beide haben die Eigenschaft, Stärkemehl in Dextrin und Zucker zu verwandeln, nach kurzer Zeit aber in ein Ferment überzugehen und zunächst die geistige Gährung, bald aber auch Milch- und Buttersäuregährung hervorzurufen. Die dabei entstehenden Säuren wirken auf den Kleber ein, nehmen ihm seine Elasticität, verwandeln ihn in eine flüssig-schmierige Masse, die sich rasch schwarz färbt und sich unter Bildung von Ammoniak weiter zersetzt.

Diese Zersetzungen sind für die Beschaffenheit des Brotes im höchsten Grade nachtheilig, insofern man an den Genuß eines weißen Brotes gewöhnt ist und diesen nicht opfern will. Für die Ernährung sind sie jedoch sehr erwünscht, da sie die Thätigkeit des Magens unterstützen und die Verdaulichkeit erhöhen. Es gilt daher die Operation des Backens so zu leiten, daß das Cerealin und die Embryomembran nicht auf den Teig wirken, sondern erst im Magen ihren Einfluß entfalten können. Dieses ist dadurch erreicht, daß das Korn so gemahlen wird, daß man, unter Beseitigung der gröbsten Kleie, welche durch die harten äußersten Schichten gebildet wird und mit dem unvermeidlich noch daran hängenbleibenden Mehle etwa 16 Proc. vom Gewicht des Kornes ausmacht, den Rest zum Theil als ein ganz feines weißes Mehl, aus dem innersten Theil des Kornes, zum Theil als Gries und Griesmehl erhält, die aus den äußeren Schichten des Mehlkornes und aus einem Theil der früher werthlosen Kleie gebildet werden. Die letzteren enthalten natürlich das Cerealin und die Embryomembran. Das feinste weißeste Mehl wird ausschließlich zur Bereitung des Vorteiges gebraucht und kann keine Färbung annehmen, weil es nichts von dem Ferment enthält. Der Rest des Mehles wird nun erst zuletzt zugeknetet und zwar nachdem das Cerealin und die Membran durch passende Behandlung so verändert sind, daß sie während der kurzen Zeit, welche zum Aufgehen des fertigen Teiges erforderlich ist, nicht sich in Ferment verwandeln können, diese Eigenschaft aber behalten und später bei der Verdauung in Wirksamkeit treten. Es läßt sich dieses auf mehrere verschiedene Weisen ausführen.

Erstes Verfahren: 100 Kilogrm. Weizen seien zu folgenden Producten gemahlen:

72,72 feinstes Mehl und weißer Gries,
15,72 schwarzes Griesmehl,
11,56 Kleie.

Abends sechs Uhr werden 40 Liter Wasser von etwa 22 bis 25° C. mit 100 Grm. Stärkezucker und 70 Grm. trockner oder 700 Grm. flüssiger Hefe angestellt und bleiben bis zum folgenden Morgen sechs Uhr an einem warmen Orte, während welcher Zeit Gährung eintritt, die sich auf die dann zugesetzten 15,72 Kilogrm. schwarzes Griesmehl fortpflanzt. So läßt man bis zwei Uhr Nachmittags stehen, setzt 30 Liter Wasser zu und seiht durch ein Seiden- oder feines Drahtsieb, welches die in dem Schwarzmehl enthaltenen gröberen Kleienpartien zurückhält. Die dabei zurückbleibende Kleie enthält noch Mehl, weshalb man sie nochmals mit 30 Liter Wasser anrührt und von Neuem durch ein Sieb gehen läßt. Dieses Waschwasser enthält 1,8 Kilogrm. Mehl und dient zum Verdünnen des Sauerteiges bei der nächsten Operation.

Von den 70 Liter Wasser, mit denen man das Schwarzmehl behandelt hat, bekommt man nur 55 Liter mehlige Flüssigkeit, der Rest bleibt in den Kleientheilen. Diese Flüssigkeit wird unter Zusatz von 700 Grm. Salz mit der Gesammtmenge des weißen Mehles angeknetet

und zu Teig verarbeitet. Derselbe tritt dann durch das in der Flüssigkeit enthaltene Ferment in Gährung und wird nach genügendem Aufgehen gebacken.

Bei dieser Methode wird die Wirkung des Cerealins durch die kräftige Gährung der Flüssigkeit, in welcher das Schwarzmehl vertheilt ist, paralysirt.

Die Ausbeute an Brot aus einem gegebenen Quantum Korn muß bei diesem Verfahren offenbar eine viel größere sein wie bei dem alten, weil ja eben weit mehr Mehl zum Verbacken kommt. Vergleichsweise mit demselben Korn im Großen ausgeführte Versuche ergaben aus 100 Theilen Korn nachfolgende Mengen Teig und Brot:

	Erster Versuch.	Zweiter Versuch.		Dritter Versuch.		Vierter Versuch.	
	Neue Methode.	Alte Methode.	Neue Methode.	Alte Methode.	Neue Methode.	Alte Methode.	Neue Methode.
Gewicht des Teiges	—	113	131	112	132	113	131
Gewicht des Brotes nach dem Erkalten	109	90	109	93	113	92	109
Gewichtsdifferenz zu Gunsten der neuen Methode	—	—	19	—	20	—	17

100 Theile Korn haben daher hier 19, 20, 17 Theile gutes weißes Brot mehr geliefert, als nach dem alten Verfahren, und zwar ist dieser Gewinn nicht auf einen größeren Wassergehalt der Krume zu schieben, wie aus folgenden Bestimmungen von Peligot hervorgeht:

Wassergehalt des neuen Brotes 34,9 Proc.,
Wassergehalt des alten Brotes 34,1 Proc.

An solchen Orten, wo man nicht an den Genuß eines durchaus weißen Brotes gewöhnt ist, kann man die Ausbeute noch erheblich steigern, wenn man die Kleienpartikelchen des Schwarzmehles im Brote läßt. Man erhält dann durchaus nicht das gewöhnliche Schwarzbrot, sondern ein weißes Brot, welches nur einen Stich ins Gelbe hat und einzelne gelbe Partien zeigt.

Zweites Verfahren. Mit dem Schwarzmehl wird das Ferment bereitet, indem man es mit Wasser und Hefe anstellt und so viel Weinsäure zugiebt, als erforderlich ist, dem Wasser eine saure Reaction zu ertheilen. Die Flüssigkeit bleibt mehrere Stunden lang stehen, um in kräftige Gährung zu kommen, bei einer Temperatur von 25° C. sind sechs Stunden genügend, bei 20° C. erfordert es zwölf Stunden, bei 15° C. zwanzig Stunden. Die Flüssigkeit wird dann wie oben behandelt, durch Sieben von den Kleientheilchen befreit und mit der Gesammtmenge des weißen Mehles verbacken.

Hier wird das Cerealin theils durch die Gährung, theils durch den Zusatz der Säure unwirksam gemacht. Der Säuregehalt des Brotes macht dieses Verfahren überhaupt wenig empfehlenswerth, indem ein immer fortgesetzter Genuß von Säure, selbst wenn man jedesmal auch nur ein Minimum davon zu sich nimmt, der Gesundheit sicherlich nicht zuträglich ist.

Die besondere Behandlung des Schwarzmehles macht diese beiden Methoden zu umständlich, als daß sie allgemeinere Verbreitung gefunden hätten, wenngleich ihre praktische Ausführbarkeit und ihre Vorzüge durch längere Anwendung in großen Bäckereien bewiesen war. Es war daher ein großer Vortheil, daß durch eine Abänderung die ganze Procedur vereinfacht werden konnte und diese bildet

Drittes Verfahren. Der Weizen wird beim Mahlen annähernd in folgende Producte getheilt:

Feinstes Mehl	40	Proc.
Weißer Gries	38	„
Schwarzer Gries	8	„
Kleie	13,5	„
Verlust	0,5	„

Von 100 Kilogrm. dieser Mahlproducte verwendet man die 40 Kilogrm. feinstes Mehl zum Sauerteig oder Vorteig, indem man 20 Kilogrm. Wasser dazu verwendet und sich im Uebrigen ganz nach dem in jeder Gegend üblichen Verfahren richtet. Wenn der Vorteig fertig ist, rührt man die 8 Kilogrm. schwarzen Gries in 45 Kilogrm. Wasser, in welchem 0,6 Kilogrm. Kochsalz gelöst sind, und läßt die Mischung durch ein Sieb fließen, welches die Kleienhäutchen zurückhält, während Mehl und Wasser hindurchgehen. Die Flüssigkeit enthält das durch den Zusatz des Kochsalzes geronnene Cerealin, welches in diesem Zustande nicht leicht in Ferment übergeht. Das Gewicht der von den Kleienhäutchen befreiten Flüssigkeit beträgt 38 Kilogrm., das übrige Wasser bleibt in der Kleie zurück. Mit dieser Flüssigkeit rührt man den Vorteig an und macht den Teig mit den 38 Kilogrm. weißen Gries. Nach dem Auswirken des Teiges läßt man ihn eine Stunde aufgehen und bringt ihn dann in den Ofen. Während des Aufgehens wird dem Cerealin bei einer Temperatur von 25° C. nicht Zeit gelassen, sich in Ferment zu verwandeln, und man erhält in Folge dessen weißes Brot. Wenn aber die Temperatur höher wäre oder man die Masse länger stehen ließe, so würde man kein weißes Brot erhalten und das Brot würde um so dunkler ausfallen, je länger der Teig gestanden hätte.

In Gegenden, wo man auf die Weiße des Brotes keinen hohen Werth legt, kann man die in den 8 Kilogrm. schwarzen Gries enthaltenen Kleientheilchen, statt sie durch das Sieb abzusondern, auch im Brote lassen, das Verfahren wird dadurch noch vereinfacht, indem man nur den schwarzen Gries in den mit Salzwasser angerührten Vorteig zu schütten braucht und nach ganz kurzer Zeit den Rest des weißen Gries hinzubringen kann, wodurch man natürlich noch eine um so viel höhere Ausbeute erhält.

Diese Methode ist in einer großen Bäckerei vor der Veröffentlichung des Berichtes sechs Monate lang täglich ausgeführt. Es wurden dort täglich 500 Kilogrm. Weizen verarbeitet, die auf 83 Proc. ausgebeutelt wurden und im großen Durchschnitt von 100 Theilen Korn 112 Theile Brot gaben, in welches aber die Kleientheilchen des schwarzen Gries nicht mit übergeführt wurden.

Es erleidet demnach wohl keinen Zweifel, daß die Methode von Mège-Mouriès als ein großer Fortschritt betrachtet werden muß und von der größten Wichtigkeit ist, insofern erstens das Mahlverfahren dadurch

wesentlich vereinfacht wird; das Korn geht dabei nur ein Mal durch die enggestellten Steine und wird dann unmittelbar in die vier verschiedenen Producte ausgesiebt: indem zweitens die geringen Mehlsorten und das Schwarzmehl nicht mehr erzeugt werden; indem drittens der Verlust beim Mahlen verringert wird; indem viertens die Ausbeute an Mehl und Brot bedeutend gesteigert wird; und fünftens endlich die Nahrhaftigkeit des Brotes wesentlich erhöhet wird, indem jedenfalls die am leichtesten verdaulichen und die Verdauung befördernden Theile der Kleie mit in das Brot übergeführt werden.

Es sind diese Angaben, nach einem Berichte von Lüdersdorff, auch durch in Berlin angestellte Versuche durchaus bestätigt worden.

Die Siebvorrichtung, mittelst derer man die Kleientheilchen des Schwarzmehls absondert, ist in Fig. 313

Fig. 313.

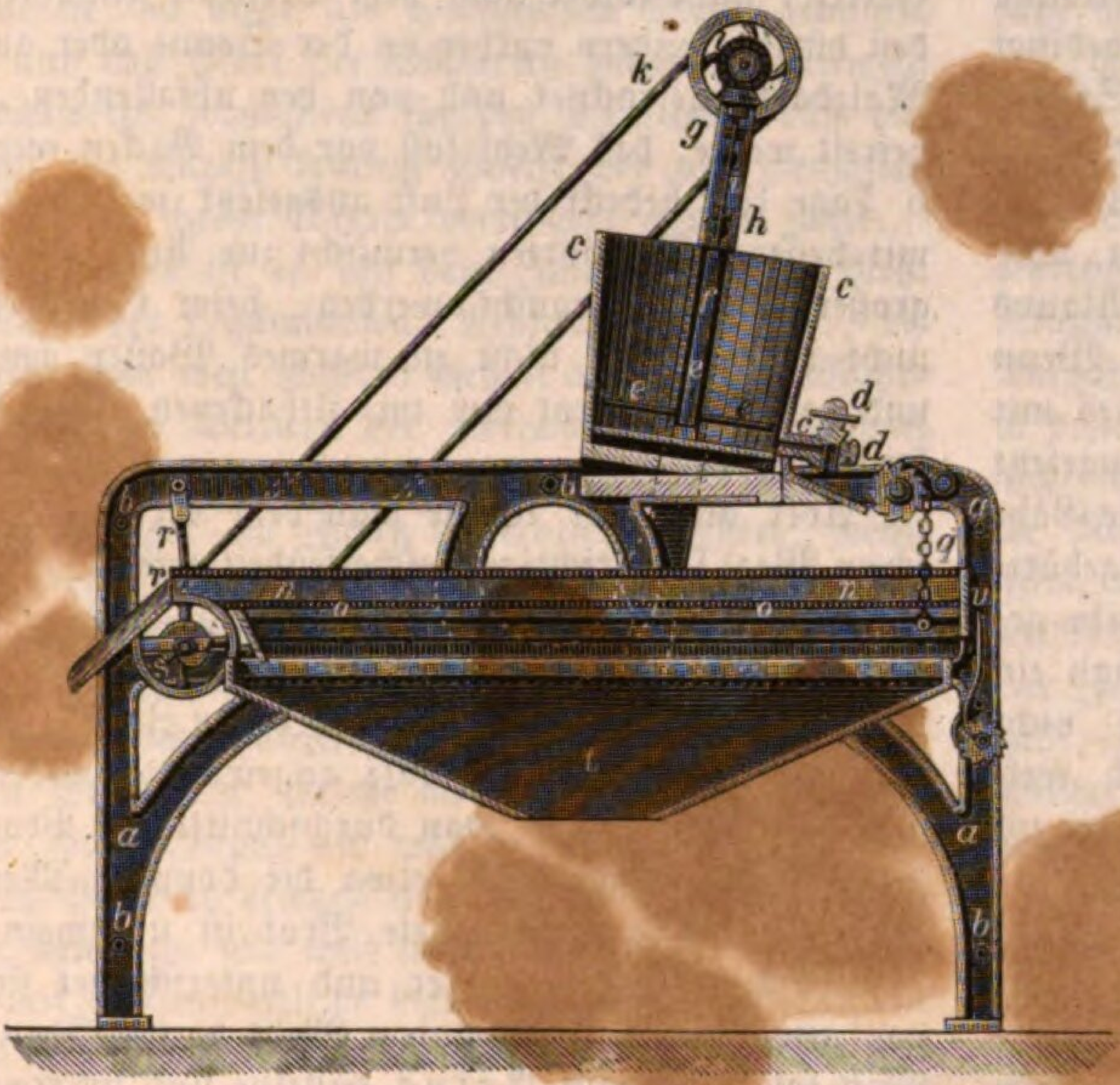
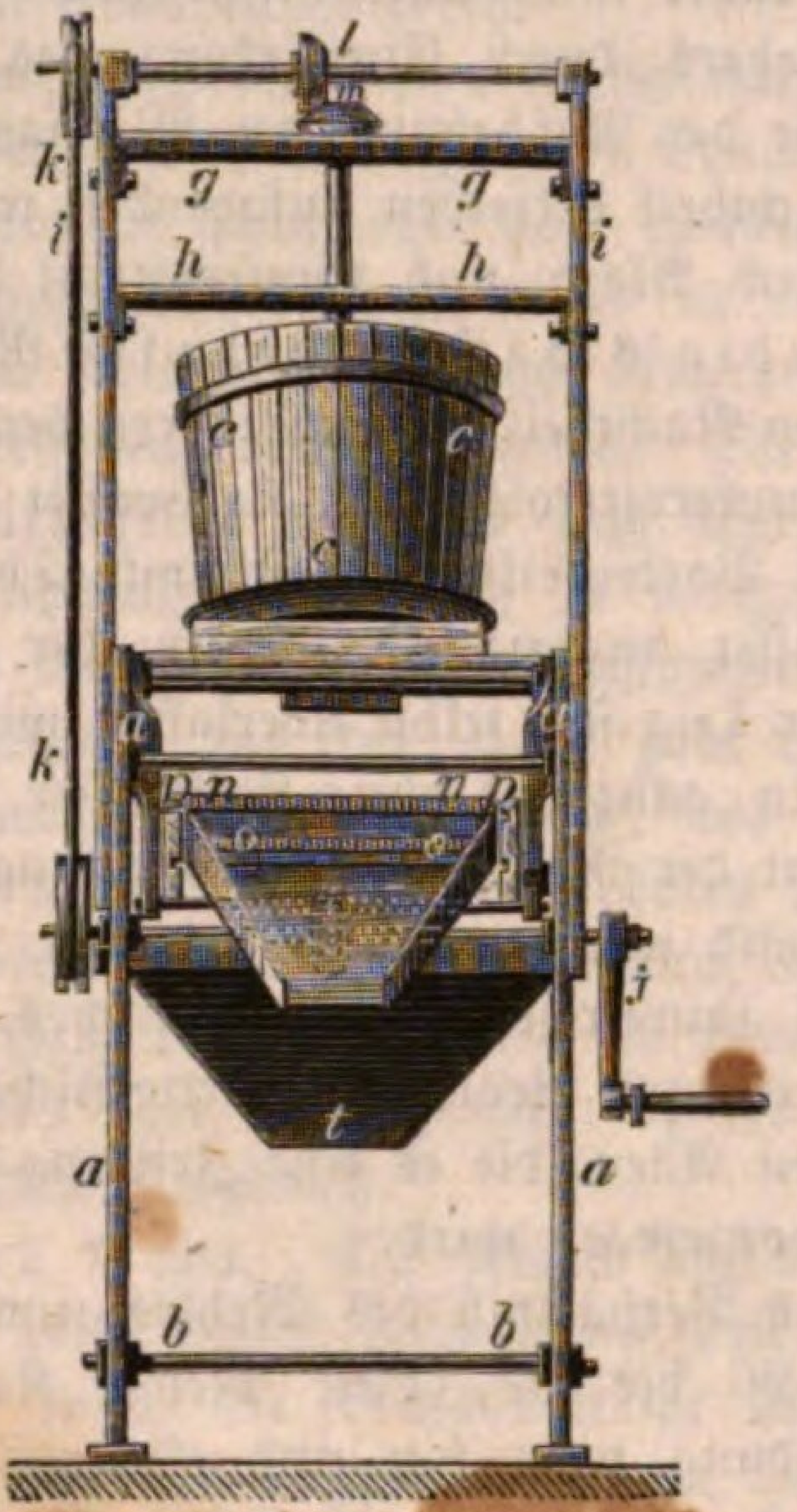


Fig 314.



im Längendurchschnitt und in Fig. 314 in der Endansicht dargestellt. Die Siebvorrichtung ruht auf einem gußeisernen Gerüst *a*, welches aus zwei Wangen besteht, die durch Bindestücke *b* in geeigneter Entfernung von einander gehalten werden. Auf einer starken Querstange am oberen Theile des Gerüstes ist der hölzerne Bottich *c* angebracht, der mit eisernen Reifen gebunden und mit einem hölzernen Hahne *d* versehen ist. In dem Bottich befindet sich eine mit vier Armen *e* versehene Welle *f*. Die Welle *f* wird durch die Kurbel *j* in Umdrehung versetzt, indem die Bewegung durch den endlosen Riemen und zwei Scheiben *k* auf eine Horizontalwelle und von dieser durch das conische Räderpaar *lm* auf die Welle *f* übertragen wird. Unter dem Bottich befinden sich zwei viereckige Siebe *n* und *o*, beide in dem Gestell *p* befestigt, welches an dem einen Ende an zwei Ketten *q* aufgehängt ist und an dem anderen Ende auf zwei Lagern *r* ruht, unter denen die Kurbelwelle liegt und diesen durch abwechselndes Heben und Fallenlassen mittelst darunter stoßender Daumen eine schüttelnde Bewegung ertheilt, wobei die Feder *u* einen Druck auf das Siebgestell ausübt und so die Stöße der Daumen verstärkt. Unter dem Gestell befindet sich der Rumpf *t*, welcher die Flüssigkeit aufnimmt und sie in einen Behälter leitet.

Das mit dem Salzwasser gemischte, oder in Gährung gebrachte schwarze Griesmehl wird in den Bottich *c* gebracht, durch Umrühren mit der Flüssigkeit gut gemischt und dann durch das Oeffnen des Hahnes *d* auf das obere, aus feinem Draht bestehende Sieb abgelassen. Hier werden die gröberen Kleientheile zurückgehalten, alles Feinere tropft hindurch und gelangt auf das zweite Sieb von feinem Seidenbeuteltuch, welches selbst die feinsten Kleientheile nicht hindurchläßt, während das Mehl seine Maschen ungehindert passirt. Diese feinste Kleie hält aber immer noch eine gewisse Menge Mehl zurück, sie wird deshalb noch einmal mit Wasser in den Bottich gebracht und von Neuem gesiebt. Das dabei ablaufende mehlige Wasser benutzt man bei der nächsten Operation zum Anrühren des Schwarzmehls. Zur Reinigung der sich mitunter verstopfenden Siebe benutzt man für das seidene schwach angesäuertes, für das Drahtsieb durch etwas Soda alkalisch gemachtes Wasser.

Alaun und Kupfervitriol als Zusatz zum Mehle. Wird das Getreide oder das Mehl längere Zeit im feuchten Zustande aufbewahrt, so erleidet der Kleber eine tief eingreifende Veränderung. Statt seiner natürlichen Zähigkeit und Elasticität, seines Vermögens Wasser so aufzusaugen, daß er vollständig damit gesättigt etwa 70 Proc. seines Gewichts enthält und doch äußerlich nicht feucht erscheint, wird er weich, schmierig, löst sich schließlich ganz auf und ist nicht mehr fähig Teig zu bilden. Hat diese Veränderung noch nicht so weite Fortschritte gemacht, und dieses dürfte bei Mehl, welches nicht schon in Fäulniß übergegangen ist, wohl nie eintreten, so läßt sich dem Kleber seine frühere Beschaffenheit wieder ertheilen. Die englischen Bäcker gebrauchen dazu ganz allgemein einen Zusatz von Alaun, welcher gepulvert besonders für diesen Zweck in den Apotheken vorräthig gehalten wird. Belgische Bäcker wenden Kupfervitriol an. Beide sind beim Genusse der Gesundheit

nachtheilig, das Letztere ist geradezu als eine Vergiftung des Brotes zu bezeichnen und sollte daher, wenn auch die Zugabe dieser Salze nur in so geringer Menge geschieht, daß bei einmaligem Genuß oder nach kurzer Zeit noch keine nachtheiligen Folgen bemerkbar sind, nie geduldet und sogar sanitätspolizeilich gestraft werden. Beide, der Alaun sowohl wie der Kupfervitriol, haben auf das Cerealin denselben coagulirenden Einfluß wie das Kochsalz, aber in noch höherem Grade wie dieses. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daß die Umbildung des Klebers durch Einwirkung des Cerealins bedingt und mit der Aufhebung der Wirksamkeit dieses Stoffes der Nachtheil derselben aufgehoben wird. Ganz dasselbe wie durch Alaun und Kupfervitriol läßt sich durch

Liebig's Backmethode für Roggenbrot, aber ohne den Nachtheil der Salze, erreichen. Statt des Alauns oder Kupfervitriols wird Kalkwasser angewandt. Wenn der zur Vorteigbildung bestimmte Theil des Mehles mit Kalkwasser angemacht, sodann der Sauerteig zugesetzt und der Teig sich selbst überlassen wird, so tritt die Gährung ein, ganz wie ohne Kalkwasser. Wird zur gehörigen Zeit der Rest des Mehles hinzugesetzt, die Laibe geformt und wie gewöhnlich gebacken, so erhält man ein schönes, säurefreies, festes, elastisches, kleinblasiges, nicht wasserrindiges Brot, von vortrefflichem Geschmack, welches von Allen, die es eine Zeitlang genossen, jedem anderen vorgezogen wird.

Das Verhältniß des Mehles zum Kalkwasser ist wie 100 : 26 bis 27, diese Menge Kalkwasser reicht zur Teigbildung nicht hin und es muß natürlich eine entsprechende Menge gewöhnliches Wasser noch außerdem zugesetzt werden. Da der sonst saure Geschmack des Roggenbrotes sich verliert, so muß der Salzzusatz vermehrt werden, um dem Brote die erforderliche Würze zu geben.

Die Ausbeute an Brot wird durch den Zusatz des Kalkwassers bedeutend gesteigert. 100 Theile Mehl lieferten ohne Kalk gebacken durchschnittlich 129 Theile Brot, mit Zusatz von Kalkwasser dagegen 139 bis 140 Theile. Es darf aber diese höhere Ausbeute nicht anders betrachtet werden als durch eine höhere Aufnahme von Wasser bedingt; durch den Kalk erhält, wie oben gesagt, der Kleber seine eigentliche Beschaffenheit wieder und bindet daher weit mehr Wasser, trotzdem aber ist entschieden das so verbesserte Brot nahrhafter und gesunder, als das ohne Kalk bereitete dichte und schliffige Gebäck, weil jenes eben leichter verdaulich ist. Der Zusatz von Kalk verbessert außerdem auch das Mischungsverhältniß der Mineralstoffe. In den Körnern der Getreidearten ist der Kalkgehalt gegen den der Magnesia durchaus zurücktretend, der Körper bedarf aber zur Ausbildung der Knochen &c. mehr Kalk wie Magnesia, und es ist daher gewiß nur als ein Vortheil zu betrachten, wenn im Brot zur Ausgleichung dieses Mißverhältnisses eine, wenn auch nur geringe Menge von Kalk zugeführt wird. Gering bleibt die Quantität des Kalkzusatzes immer. Wasser löst nur $^1/_{600}$ seines Gewichts Kalk auf, mithin kommen auf 100 Pfd. Mehl höchstens $^{27}/_{600} =$ 0,045 Pfd. Kalk.

Brot aus ausgewachsenem Korn. Ebenso nachtheilig und wo möglich noch schlimmer wirkt das Auswachsen der Getreidekörner, welches häufig eintritt, wenn die Garben bei feuchtem Wetter auf dem Felde stehen bleiben müssen, ohne abtrocknen zu können; es tritt dann Keimung ein, die ebenfalls die Umwandlung des Klebers veranlaßt, so daß man kein lockeres, blasiges Brot daraus backen kann und nur schliffige, dichte Massen erhält. Um den gesundheitswidrigen Eigenschaften solchen Brotes entgegenzuwirken, sah sich das sächsische Sanitätscollegium veranlaßt zu verordnen, daß das ausgewachsene, angelaufene, dumpfige oder feuchte Getreide nicht sofort nach dem Dreschen gemahlen werden dürfe, sondern vorher an der Sonne oder auf einer Malzdarre getrocknet und von den abfallenden Keimen befreit werde; das Mehl soll vor dem Backen wenigstens 6 Tage lose bedeckt der Luft ausgesetzt werden und nur mit besseren Mehlsorten vermischt zur Anfertigung nicht großer Bröte gebraucht werden; beim Einteigen solle nicht zu viel und nicht zu warmes Wasser genommen und das fertige Brot nur im altbackenen Zustande verkauft werden.

Aber auch hier konnte man dem Kleber auf chemischem Wege seine richtige Beschaffenheit wieder geben.

Nach Lehmann's Backmethode wird dieses erreicht, wenn man dem Teige mehr Salz zuknetet, als gewöhnlich geschieht. Es genügt für diesen Zweck, wenn auf 96 Pfd. Mehl 2 Pfd. Salz angewandt werden. Bei gesundem Mehle giebt man durchschnittlich 1 Proc. Salz hinzu, es wird hier also etwa die doppelte Menge genommen. Das so bereitete Brot ist ungemein wohlschmeckend, durchaus locker und unterscheidet sich nicht von gewöhnlichem, aus gutem Mehl dargestelltem Brote. Man soll aber nach Artus dasselbe und sicherer erlangen, wenn man beim Backen nach Liebig's Vorschlage Kalkwasser anwendet.

Knobloch's Kleberbrot. In den Weizenstärkefabriken wird eine große Menge von Kleber als Nebenproduct gewonnen, dessen Verwerthung außer als Viehfutter schwierig ist. Als Repräsentant des nahrhaftesten Theiles des Getreides ist es daher höchst rationell ihn zur Brotbereitung zu verwenden. Im frischen Zustande ist er zu zäh und bindig, um ihn mit Mehl verkneten zu können, er erlangt diese Eigenschaft aber leicht, wenn man ihn in Stücken von 4 bis 5 Pfd. 24 Stunden lang in Wasser von 34 bis 37° C. liegen läßt. Er verliert dann seinen strengen Zusammenhang, wird kurz und brüchig und läßt sich mit Mehl wie jeder Brotteig kneten. Diese Veränderung ist eingetreten, wenn der Kleber, an irgend einer Stelle mit Daumen und Zeigefinger gefaßt, kurz und schnell abbricht und sich weicher und milder anfühlt als im frischen Zustande. Das mit Roggenmehl und Kleber auf gewöhnliche Weise bereitete Brot ist weiß, locker, von angenehmem Geruch, dem Weizenbrote ähnlich.

Es ist diese Methode natürlich nur von localer Bedeutung, indem sie nur in unmittelbarer Nähe von Stärkefabriken angewandt werden kann. Wo man sich dieses Material aber verschaffen kann, verdient es gewiß alle Beachtung, namentlich in Gegenden, wo man kleberarme Getreide als Brotstoff hat.

Mehlsurrogate. Von vielen Seiten sind mancherlei Zusätze als Surrogate des Mehles vorgeschlagen worden, als gekochte und zerriebene Kartoffeln, Kartoffelmehl, zer-

riebene Rüben, die Rückstände der Obstmostbereitung, das Mark der Aepfel und Birnen. Diesem können wir aber nicht das Wort reden, müssen hingegen Alles, was den Nahrungswerth des Brotes herabsetzt, als eine Verschlechterung unbedingt verwerfen. Der an sich löbliche Zweck solcher Empfehlungen ist eine Verwohlfeilerung des Brotes, es ist aber wenig damit genutzt, ein billiges Brot auf Kosten seiner Qualität zu schaffen. Kartoffeln werden ohnehin gerade von Solchen, für die ein billiges Brot bestimmt ist, in mehr als genügendem Maße genossen, Rüben und das Mark der Obstarten haben so geringen Nahrungswerth, wenigstens für den Menschen, daß damit nicht die einzige kräftige Speise der am wenigsten Bemittelten in ihrem Werthe verringert werden sollte.

Ein Anderes ist es mit dem Zusatz von dem Mehl der Früchte der Leguminosen, Erbsen, Bohnen 2c., die sich durch einen weit höheren Gehalt an plastischen Nährstoffen von den Körnern der Getreidearten vortheilhaft unterscheiden. Mit diesen giebt man wirkliche Nährstoffe in großer Menge, ein Zusatz derselben verbessert, wenn auch nicht das Ansehen und den Geschmack, doch sicherlich die Qualität des Brotes.

Ueber diesen Gegenstand sagt Liebig so treffend in seinen chemischen Briefen:

„Die Vorschläge, welche man in Zeiten des Mangels und der Hungersnoth bis jetzt gemacht hat, um das Mehl im Brote zu ersetzen und das Brot wohlfeiler zu machen, beweisen, wie weit man noch von einer vernünftigen, auf wissenschaftliche Grundsätze gebauten Diätetik entfernt ist, und wie unbekannt die Grundsätze der Ernährung sind. Mit dem Preise der Nahrungsmittel verhält es sich ähnlich, wie mit dem des Brennmaterials. Wenn man sich die Mühe giebt, den Preis der verschiedenen Steinkohlensorten, oder der Brennhölzer, Braunkohlen und des Torfs mit einander zu vergleichen, so wird man finden, daß die Anzahl Kreuzer, die man für ein gegebenes Gewicht oder Maß von diesen Brennstoffen bezahlt, so nahe wie möglich im Verhältnisse zu ihrem Brennwerthe, d. h. zu der Zahl der Wärmegrade stehen, die sie bei ihrer Verbrennung entwickeln; an einem Orte, wo man Eichenholz, Buchenholz und Tannenholz brennt, ist es dem Preise und dem Brennwerthe nach ganz gleichgültig, welches Holz gewählt wird: der Vortheil in der Wahl liegt in dem Zweck; für große, weite oder lange Feuerräume ist das Tannenholz vortheilhafter, dessen Flamme den weitesten Raum ausfüllt; für kleine enge Feuerräume giebt man der Kohlen wegen dem Buchenholz den Vorzug. In der Schätzung solcher Werthe irrt sich der Einzelne leicht, aber die tägliche Erfahrung von vielen Tausenden gleicht die Irrthümer aus.

„Der Mittelpreis der Nahrungsmittel in einem größeren Lande ist in der Regel das Maß ihres Ernährungswerthes; die Abweichung des Preises an verschiedenen Orten rührt von localen Ursachen, Schwierigkeit oder Leichtigkeit des Transports, guten oder schlechten Wegen, Canälen, Flüssen 2c. her. Für die Zwecke der Ernährung ist der Roggen nicht wohlfeiler als der Weizen; Reis und Kartoffeln sind nicht wohlfeiler als Korn; Weizenmehl kann in Qualität mit Vortheil durch keine andere Mehlsorte ersetzt werden; nur in Zeiten des Mangels und der Hungersnoth ändern sich diese Verhältnisse in etwas; es gewinnen alsdann Reis und Kartoffeln einen höheren Preis, weil zu ihrem Ernährungswerth ein zweiter Werth sich gesellt, den sie als Respirationsmittel zwar immer besitzen, der aber in Zeiten des Ueberflusses nicht angeschlagen wird.

„Man hat, um das Brot wohlfeiler zu machen, vorgeschlagen, dem Brotteige Kartoffel-Stärkemehl oder Dextrin, Reis, Rübenmark, ausgepreßte rohe Kartoffeln, oder gekochte Kartoffeln zuzusetzen, aber alle diese Zusätze vermindern den Ernährungswerth.

„Kartoffelstärkemehl, Dextrin oder Rübenmark, dem Mehle zugesetzt, geben eine Mischung, deren Ernährungswerth dem der Kartoffeln gleich oder noch niedriger ist; aber die Verwandlung des Getreidemehls in eine den Kartoffeln oder dem Reis gleichwerthige Nahrung wird Niemand eine Verbesserung nennen können. Die wahre Aufgabe ist, die Kartoffeln, den Reis dem Weizenmehl in dessen Wirkung ähnlich oder gleich zu machen, und nicht umgekehrt, es bleibt unter allen Umständen besser, die Kartoffeln abgekocht aus der Hand zum Brot zu essen, ihr Zusatz zum Brot sollte geradezu, des unvermeidlichen Betruges wegen, polizeilich verboten werden. Der Zusatz von Erbsen- oder Bohnenmehl zum Roggenmehl, oder von weißem Käse, wie dies in Baiern geschieht, entspricht weit eher dem Zwecke; es wird aber im Preise nichts damit gewonnen."

Ungegohrenes Brot. Die irrige Ansicht, daß die geringe Menge zum Backen verwandter Hefe schwer verdaulich sei, und später die ebenfalls irrige Meinung, daß durch die Gährung ein großer Theil der Mehlsubstanz zerstört werde und verloren gehe, veranlaßten in England schon vor längerer Zeit Versuche, Brot ohne Anwendung eines Gährungsmittels darzustellen. Im Jahre 1838 empfahl Whiting in dem Teig durch Zusatz von kohlensaurem Alkali und Salzsäure eine Gasentwicklung hervorzurufen, welche das Aufgehen bewirken sollte. Später wandte man häufig kohlensaures Ammoniak an, welches in der Hitze vollständig verflüchtigt wird und dadurch den Teig lockert. Von der Anwendung dieses Salzes ist man aber in der Bäckerei ganz zurückgekommen und verwendet es nur noch in den Conditoreien.

Es wurden von Zeit zu Zeit neue Vorschriften gegeben, die sich meist auf verschiedene Verhältnisse von doppelt kohlensaurem Natron und Salzsäure beschränkten, von denen nur das folgende hier erwähnt werden mag.

Im Jahre 1848 nahm Sewell ein Patent auf die Darstellung von ungegohrenem Brot. Er bringt 280 Pfd. Mehl in ein kreisrundes Gefäß, breitet es gleichmäßig über den Boden desselben und läßt aus einem sternförmigen Rohr, welches mit feinen Löchern von 0,01 Zoll Durchmesser durchbohrt ist, 45 Unzen Salzsäure von 1,14 specifischem Gewicht hinzufließen, wobei das Mehl, um es innig mit der Säure zu mischen, fortwährend gerührt wird. Dieses Mehl wird als Nr. 1 bezeichnet. Ebensoviel Mehl, d. h. ein Sack von 280 Pfd. wird dann mit 39 Unzen auf das Feinste gepulvertem doppelt kohlensaurem Natron gemischt und damit mehrere Male durch ein Sieb gegeben, um die Mehltheilchen auf das Innigste mit dem Natronsalze zu vermischen. Dieses ist Nr. 2. Von beiden Mehlarten werden dann gleiche Theile gemischt, mit Wasser zu Teig angerührt

und unmittelbar in den Ofen geschoben, in welchem man es rasch backt. Die beiden Mehlsorten sollen sich etwa 4 bis 5 Wochen lang unzersetzt aufbewahren lassen.

Beim Zusatz des Wassers und nachherigem Erhitzen zersetzt die Salzsäure das doppelt kohlensaure Natron, es wird Kohlensäure frei, die den Teig auftreibt, und Kochsalz gebildet.

Betrachten wir nun die Mischungsverhältnisse von Salzsäure und doppelt kohlensaurem Natron. Zu dem Mehle Nr. 1 werden 45 Unzen Salzsäure von 1,14 specifischem Gewicht genommen. Nimmt man an, daß hiermit, wie es in England üblich ist, Unzenmaße gemeint seien, so sind dies 45 . 1,14 = 51,3 Gewichtsunzen. Die Salzsäure von 1,14 specifischem Gewicht enthält 28 Proc. Salzsäure, mithin die 51,3 Unzen 14,36 Unzen Säure. 1 Aeq. oder 36,5 Th. Salzsäure entspricht 1 Aeq. oder 58,5 Th. Kochsalz, mithin entsprechen 14,36 Unzen Salzsäure 23 Unzen Kochsalz. (von Bibra, der diese Vorschrift giebt, berechnet irrthümlich die Menge des Kochsalzes auf 3 Pfd.) 1 Aeq. oder 84 Th. doppelt kohlensaures Natron entspricht 1 Aeq. Kochsalz oder 58,5 Th., mithin können die 39 Unzen 27 Unzen Kochsalz liefern, wenn genügend Salzsäure vorhanden ist. Da die Salzsäure aber nur 23 Unzen Kochsalz bilden kann, so bleiben 5,8 Unzen doppelt kohlensaures Natron unzersetzt, die beim Erhitzen den größten Theil des zweiten Aequivalents Kohlensäure abgeben und sich in einfach kohlensaures Natron verwandeln. Man wird daher ein schwach alkalisches Brot haben, was immer besser ist, als wenn ein Ueberschuß von Säure zugegen wäre.

Englische, überbedenkliche Aerzte, namentlich Hassel haben diese Methode getadelt, weil sie behaupten, die große Menge des Kochsalzes im Brote genossen, könne der Gesundheit nachtheilig sein, und das im Brote gegessene Kochsalz könne eine andere Rolle spielen wie das, was man mit dem Fleisch und Gemüse zu sich nimmt. Hätten diese Aerzte die höchst einfache Rechnung angestellt, so würden sie gefunden haben, daß die Menge des hier gebildeten Kochsalzes weit geringer sei, als man täglich jedem Brote zufügt. Man kann im Durchschnitt annehmen, daß überall 1 Proc. vom Gewicht des Mehles an Kochsalz gebraucht wird. Hier kommen aber auf 560 Pfd. Mehl, selbst wenn alles doppelt kohlensaure Natron zersetzt würde, nur 27 Unzen Kochsalz, mithin nur 0,3 Proc. vom Gewicht des Mehles und es erscheint demnach eher gerechtfertigt, noch eine größere Menge Salz hinzuzugeben.

Eine andere Frage ist es aber, ob es richtig sei, unsere täglichen Nahrungsmittel mit chemischen Agentien zu bereiten, ob man dem Bäcker Mittel in die Hand geben soll, mit denen unter Umständen der Gesundheit höchst nachtheilige Folgen hervorgerufen werden können. Dieses ist entschieden zu verneinen, denn ein Versehen beim Mischen der Substanzen tritt nur zu leicht ein und namentlich in den Händen von solchen Leuten, die den Gebrauch und die Wirkungen von Säuren und Alkalien nicht kennen. Wir hatten selbst vor Kurzem ein solches Beispiel. Das Brot hatte ein schönes weißes Ansehen, war auffallend locker und Niemand würde es dem Aeußern nach für „chemisches Brot" erklärt haben. Beim ersten Anbeißen einer Scheibe zeigte es sich aber auf sehr empfindliche Weise, sämmtliche Zähne waren im selben Moment stumpf, etwas der Krume, die in einen kranken Zahn gekommen war, verursachte fast unerträgliche Zahnschmerzen, der wäßrige Auszug des Brotes reagirte stark sauer. Man sieht daher, daß die Anwendung von Säuren und kohlensauren Salzen sich nicht mehr auf England beschränkt, sondern auch bei uns und vielleicht häufiger ausgeübt wird, als man glaubt. Dazu kommt noch, daß die gewöhnliche Salzsäure des Handels nie chemisch rein ist, sondern stets fremde Stoffe enthält und unter diesen sogar fast regelmäßig Arsenik. Man kann daher nicht vorsichtig genug sein, chemische Stoffe zur Anfertigung unserer Nahrungsmittel zu empfehlen.

Ein anderes vielfach empfohlenes Mittel ist Weinsäure und doppelt kohlensaures Natron, es wird dadurch dasselbe erzielt wie bei der Anwendung von Salzsäure, statt des Kochsalzes wird dabei aber weinsaures Natron, ein unangenehm fade schmeckendes Salz erzeugt. Beide Substanzen zu gleichen Theilen gemischt werden in England unter dem Namen Backpulver verkauft, ein Theelöffel voll davon soll für 1 Pfd. Mehl genügend sein. Es wird innig, am besten durch wiederholtes Sieben mit dem Mehle gemischt und dann mit Wasser zum Teig geknetet.

Nach einem anderen Verfahren wird möglichst trocknes Mehl, welches nach dem Mahlen noch 6 Wochen der Luft ausgesetzt gewesen ist, auf je 112 Pfd. mit $10^1/_2$ Unzen möglichst fein gepulverter Weinsäure vermischt und wiederholt gesiebt. Nach 2 oder 3 Tagen werden 12 Unzen doppelt kohlensaues Natron, 24 Unzen Kochsalz und 8 Unzen Zucker, sämmtlich sehr fein gepulvert, hinzugefügt und das Ganze durch mehrmaliges Sieben innig gemischt.

In neuerer Zeit ist eine andere Methode von Dauglish erfunden und ist auch schon in drei großen Brotfabriken Englands mit günstigem Erfolge eingeführt. Sie besteht darin, daß das Mehl, unter Zugabe der erforderlichen Menge Salz, unter sehr hohem Drucke in einer Atmosphäre von Kohlensäure mit mit Kohlensäure gesättigtem Wasser angerührt wird. Der Teig enthält dann kohlensaures Gas in Wasser unter hohem Drucke vertheilt. Sobald dieser Druck aufgehoben wird, strebt das comprimirte Gas zu entweichen und lockert dabei den Teig.

Das zur Fabrikation erforderliche kohlensaure Gas wird auf gewöhnliche Weise durch Zersetzung von Kreide mit Schwefelsäure oder Salzsäure gewonnen. Man läßt ein Gemisch von Kreide und Wasser in einen großen hölzernen Behälter laufen, worin ein mittelst Riemen von einer Dampfmaschine getriebenes Rührwerk die Masse in fortwährender Bewegung erhält. Die erforderliche Säure fließt durch ein Bleirohr, dessen Ende in einer mit der Säure gefüllten bleiernen Schale ausmündet, durch deren Ueberlaufen die Säure fortwährend in die Kreidemischung tropft; das so erzeugte kohlensaure Gas gelangt in einen gewöhnlichen Gasbehälter von 1000 Cubikfuß Inhalt, worin es zum Gebrauch aufbewahrt wird.

Es wurde versucht, die Kohlensäure durch Glühen von Kreide unter Darüberleiten von Wasserdämpfen in eisernen Retorten darzustellen, doch wurde dieses wieder, als mit zu vielen Schwierigkeiten verbunden, aufgegeben.

Vom Gasbehälter wird das Gas entweder direct in das Gefäß, in welchem das Wasser damit gesättigt werden soll, geleitet, oder vorher in einem besonderen Behälter verdichtet. In letzterem Falle benutzt man zwei Pumpen, welche mit einem Druck von 200 Pfd. pr. Quadratzoll wirken; steigt der Druck höher, so öffnet sich ein Ventil, durch welches das Gas in den Gasbehälter zurückgelangt. Die Druckpumpen stehen in einem mit Wasser gefüllten Behälter und die von ihnen ableitenden Röhren werden durch fließendes Wasser immer möglichst kalt gehalten, um die Verdichtung zu erleichtern.

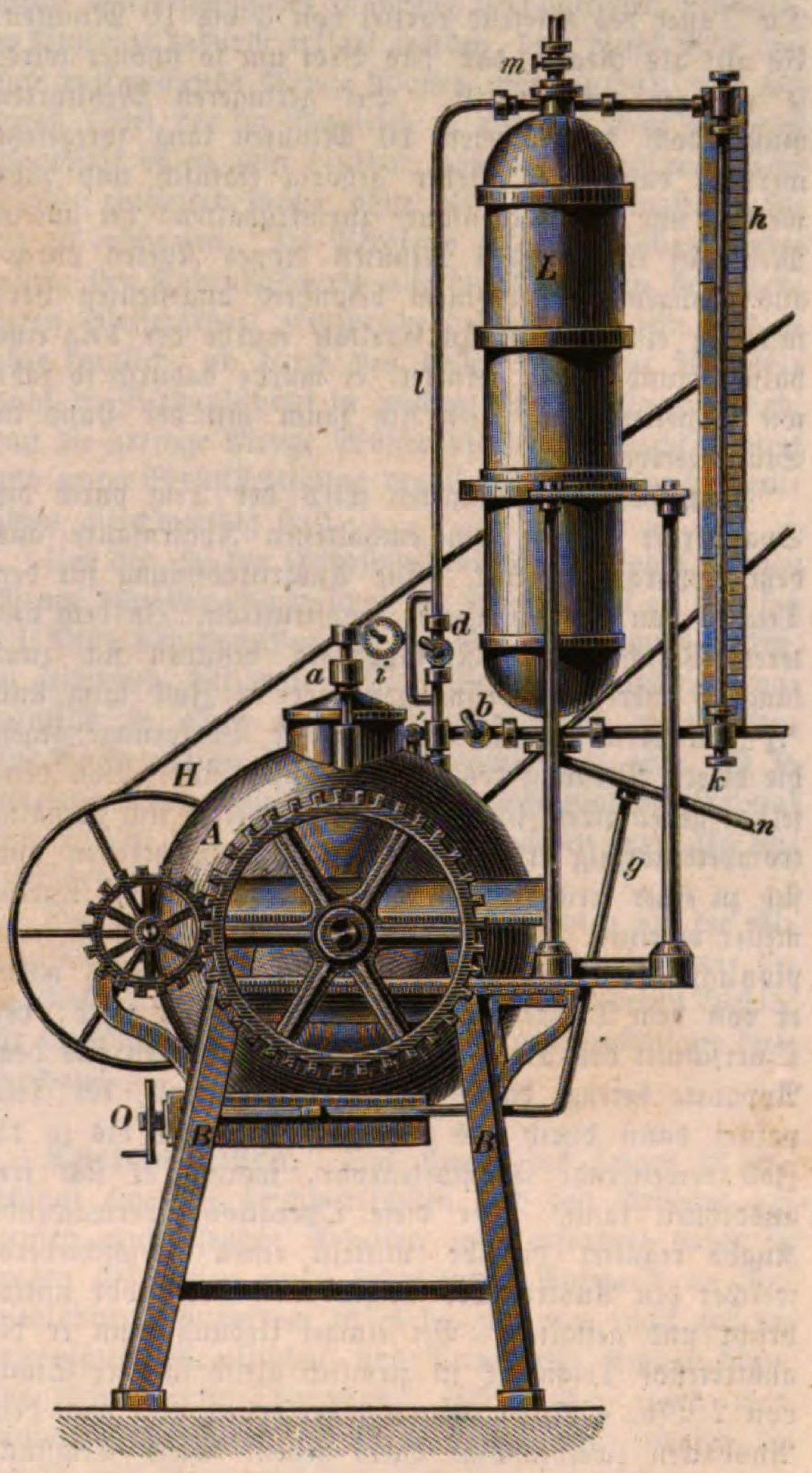
Der Wasserbehälter ist ein geschlossener kupferner Cylinder mit halbkugelförmigen Enden, inwendig verzinnt; er ist 5 Fuß hoch und 1 Fuß weit. Durch einen Hahn steht der Cylinder oben mit einem über ihm befindlichen Wasserreservoir und durch einen zweiten Hahn mit einem zum oberen Theile des Misch- oder Knetgefäßes führenden Rohre in Verbindung. Der Knetapparat ist eine hohle gußeiserne Kugel von 3 Fuß Durchmesser, deren drehbare horizontale Achse mit Armen oder Gabeln versehen ist. Der obere Theil dieser Kugel communicirt durch ein Rohr mit dem oberen Theile des Wassercylinders, ihr unterer Theil durch ein anderes Rohr mit dem unteren Theile des Cylinders. Der Knetapparat hat außerdem zwei Oeffnungen von fast 1 Fuß Durchmesser, von denen die eine sich oben oder seitwärts, die andere unten befindet, beide werden durch luftdicht passende Deckel verschlossen und durch Verschraubungen gedichtet.

Der Wassercylinder mit dem Mischgefäß ist in Fig. 315 dargestellt. *A* ist das Mischgefäß von starkem Eisen, welches einen Druck von 300 Pfd. auf den Quadratzoll ertragen muß. *a* ist die obere Oeffnung zum Eintragen des Mehles, die untere Oeffnung zum Ablassen des Teiges ist in der Zeichnung nicht sichtbar, sie wird durch eine Platte gebildet, in welche ein Rohr eingesetzt ist, aus welchem der Teig beim Oeffnen des Hahnes *O* ausfließt. Die Riemenscheibe *H* setzt das aus einem Räderpaare bestehende Getriebe in Bewegung und mit diesem ein im Innern des Mischgefäßes befindliches Rührwerk. *L* ist der Wasserbehälter, der durch das Rohr und den Hahn *m* mit Wasser gespeist wird, oben ist derselbe durch das Rohr *l*, unten durch das Rohr *n* mit dem Mischgefäß verbunden; beide Röhren können durch Hähne *d* und *b* abgesperrt werden. Das Rohr *k* mündet in den Wasserbehälter und ist dort mit einer feinen Brause bedeckt; es dient dazu, die Kohlensäure zuzuleiten. Das Rohr *h* zeigt den Stand des Wassers; ein Manometer *i* den Druck im Apparate.

Der Gang der Brotbereitung ist folgender:

Man läßt ein bestimmtes Quantum Wasser, etwa 200 Pfd. in den Cylinder laufen, so daß er auf circa $^3/_4$ seines Volums davon gefüllt wird. Nachdem nun die untere Oeffnung des Mischapparats geschlossen ist, führt man in die obere Oeffnung desselben einen leinenen Schlauch ein und schüttet aus einem oberen Behälter einen Sack, 280 Pfd. Mehl und 3 bis 4 Pfd. Salz in denselben. Der Schlauch wird dann entfernt und die Oeffnung mit ihrem Deckel verschlossen. Durch Oeffnen des Hahns bringt man dann den Mischapparat mit dem oberen Theile des Wassercylinders in Verbindung und setzt eine mit dem Knetapparat verbundene Luftpumpe in Betrieb, wodurch nach zwei Minuten in

Fig. 315.



beiden Gefäßen eine Luftverdünnung von 29 Zoll engl. herbeigeführt wird. Durch dieses Auspumpen bezweckt man, daß der nachher einzuführenden Kohlensäure keine Luft beigemischt werde, weil ein Theil der Kohlensäure immer von Neuem wieder gebraucht werden muß. Nachdem die höchste Luftverdünnung erreicht ist, läßt man Kohlensäure zutreten und zwar entweder direct aus dem Gashalter durch Druckpumpen oder aus dem erwähnten Zwischengefäß, worin sie vorher comprimirt war. Die Kohlensäure wird am Boden des Wassercylinders durch das mit einer fein durchlöcherten Brause bedeckte Rohr eingeführt, durchströmt die hohe Wasserschicht und erfüllt dann den leeren Raum im Cylinder und im Knetapparat. Die Kohlensäure wird so lange eingepumpt, bis der Druck auf den Quadratzoll 100 Pfd. (nach anderen Angaben sogar 200 Pfd.) beträgt, dann läßt man das mit der Säure gesättigte Wasser durch den

unteren Hahn in den Mischapparat treten und setzt das Rührwerk in Thätigkeit. Der Proceß des Knetens unterscheidet sich aber wesentlich von dem gewöhnlichen, denn man hat es hier nicht mit einer blasigen Teigmasse, welcher Mehl einverleibt werden soll, sondern nur mit einer blasenfreien Masse von Mehl und Wasser zu thun. Die Dauer des Knetens variirt von 3 bis 10 Minuten. Es gilt als Regel, daß das Brot um so schöner wird, je weniger geknetet ist. Bei geringeren Mehlsorten muß jedoch das Kneten 10 Minuten lang fortgesetzt werden, damit der Kleber gehörig elastisch und zähe werde, um die Kohlensäure zurückzuhalten; bei gutem Mehle ist ein 3 bis 4 Minuten langes Kneten durchaus genügend. Bei einem besonders angestellten Versuche in einer Fabrik zu Carlisle wurde der Teig eine halbe Stunde lang geknetet, er wurde dadurch so zähe wie Vogelleim und ließ sich kaum mit der Hand in Stücke zertheilen.

Nach beendigtem Kneten wird der Teig durch die Spannkraft der in ihm enthaltenen Kohlensäure aus dem Apparate gedrückt. Die Austrittsöffnung für den Teig ist von eigenthümlicher Construction. In dem unteren Verschluß des Knetapparats befinden sich zwei länglich viereckige Oeffnungen, jede 2 Zoll lang und 1/4 Zoll breit, welche durch innere Vorsprünge gegen die directe Pressung des Gases geschützt sind. Von denselben gehen zwei Zinnröhren aus, welche sich allmälig trompetenförmig erweitern, dann zusammentreffen und sich zu einer kreisförmigen Oeffnung von 4 Zoll Durchmesser vereinen. Der Zweck dieser Anordnung ist, eine plötzliche Ausdehnung des Teiges zu verhindern, wenn er von dem Drucke im Knetapparate befreit wird; der Querschnitt des Teiges bei seinem Entweichen aus dem Apparate beträgt daher nur 1 Quadratzoll, der Teig passirt dann durch das sich nach und nach bis zu 12 Zoll erweiternde Trompetenrohr, worauf er sich frei ausdehnen kann. Der diese Operation überwachende Knabe regulirt dieselbe mittelst eines Kreisschiebers, welcher den Austritt des Teiges durch das Rohr unterbricht und gestattet. Bei einiger Uebung kann er die austretende Teigmasse in ziemlich gleich schwere Stücke von 2 Pfd. 4 Unzen Gewicht zertheilen, die nach dem Ausbacken zweipfündige Laibe geben. Diese Teigstücke werden in Formen von Weißblech oder in geflochtenen Körben aufgefangen. Die in den Blechformen befindlichen Teigstücke kommen unmittelbar in den Ofen, die in den Körben befindlichen werden umgestürzt und auf die Sohle des Ofens gelegt.

Das Backen dieses Teiges erfordert besondere Vorsichtsmaßregeln. Der Teig ist beim Einbringen in den Ofen um etwa 25° kälter wie gewöhnlicher Teig und zwar aus dem Grunde, weil zum Einteigen nur ganz kaltes Wasser angewandt wird und weil die Kohlensäure bei ihrer plötzlichen Ausdehnung viel Wärme latent macht und diese der Teigmasse entzieht. Es dauert daher im Backofen längere Zeit, ehe er die richtige Temperatur annimmt, und er geht also auch langsamer auf wie gewöhnlicher Teig. Aus diesem Grunde darf die Bildung der Kruste erst im letzten Augenblick eintreten, weil diese sonst durch das weitere Aufgehen vollständig zerrissen würde. Um dieses zu ermöglichen, construirte Dauglish einen 40 Fuß langen Ofen, dessen Sohle aus Eisenplatten besteht und von unten geheizt wird. Ueber dieser Sohle bewegt sich ein endloses Rollenpaar, welches die Backplatten trägt und sie allmälig nach dem anderen Ende des Ofens bringt. Erst wenn sie dort angelangt sind, kommen sie an einen Theil des Ofens, wo sie von der strahlenden Hitze des Gewölbes berührt werden, indem hier eine Feuerung angebracht ist, deren Züge sich um das Gewölbe vertheilen. Im Wesentlichen wird daher das Brot von der Hitze der Sohle gebacken und erst zuletzt durch die Oberhitze die Kruste gebildet.

Diese Backmethode bietet namentlich folgende Vortheile:

1) Größere Reinlichkeit. Der Teig wird nie mit den Händen berührt, das ganze System ist so verbunden, daß an der einen Seite das Mehl in den Knetapparat geschüttet wird und auf der anderen Seite das fertige Brot den Apparat verläßt, ohne je mit den Körpertheilen eines Menschen in Contact gekommen zu sein.

2) Große Schnelligkeit. Anderthalb Stunden sind zur völligen Umwandlung von 280 Pfd. Mehl in Brot vollkommen ausreichend, während beim gewöhnlichen Verfahren 4 bis 5 Stunden zur Bereitung des Vorteiges, und noch weitere Zeit zum Einkneten des Teiges, zum Aufgehen und Backen erforderlich sind.

3) Verhütung des Verderbens des Mehles. Die Einwirkung des Cerealins auf den Kleber kann bei dieser Behandlung nie eintreten.

4) Sicherheit und Gleichförmigkeit der Fabrikation. Wegen des ungleichartigen Verlaufs der Gährung in Folge wechselnder Temperatur, verschiedener Qualität des Ferments kommen bei der Brotbereitung nach dem gewöhnlichen Verfahren häufig Unregelmäßigkeiten vor, welche bei der neuen Methode unmöglich sind.

5) Die Güte des Brotes. Eine Säuerung ist ganz unmöglich, da kein Ferment angewandt wird und der Teig unmittelbar aus der Kohlensäureatmosphäre in den Ofen kommt.

6) Größere Billigkeit. Da bei der Fabrikation jede Handarbeit entbehrlich ist, auch keine Ausgaben für Hefe u. dgl. zu machen sind, so ist das Brot trotz des Aufwandes beim Betrieb der Dampfmaschine und des höheren Anlagecapitals doch billiger.

7) Der durch die Gährung herbeigeführte Verlust an Teigsubstanz fällt weg. Dieser Vortheil ist jedoch bei Weitem nicht so erheblich, wie vom Erfinder und den Beförderern der Bereitung des ungegohrenen Brots angenommen wird, wie gleich nachgewiesen werden wird.

8) Leichtere Arbeit. Die beständig Nachts sich wiederholende saure Arbeit der Bäcker ist jedenfalls eine der aufreibendsten, die es wohl giebt, der gänzliche Wegfall der Handarbeit ist daher ein sehr wesentlicher Gewinn.

Aus demselben Quantum Mehl, welches bei dem gewöhnlichen Backverfahren 105 bis 106 vierpfündige Brotlaibe liefert, erhält Dauglish regelmäßig 118 ebenso schwere Brote. Er schließt daraus, daß durch die Gährung des Teiges etwa 10 Proc. der Bestandtheile des Mehles zerstört und bei seinem Verfahren gewonnen werden. Ueber die Verluste bei der Gährung sind die mannigfachsten Angaben gemacht worden, die so wider-

sprechend sind, daß man keinen bestimmten Anhalt hatte, bis von Heeren hierüber einige sorgfältige Versuche, theils durch genau überwachte Backungen, theils durch Berechnung nach dem Wassergehalt des Brotes und des Mehles angestellt wurden, die die Sache als höchst einfach erscheinen lassen. Bei einem Versuche wurden 337,7 Grm. Mehl, mit einem Wassergehalt von 12,85 Proc., also 294,3 Grm. trocknes Mehl, unter Zusatz von Salz, Hefe, Wasser und Milch verbacken, deren Gewicht im absolut trocknen Zustande 12,9 Grm. betrug. Das gewonnene Brot wog wasserfrei 302,7 Grm. Dazu waren verwandt 294,3 Grm. trocknes Mehl und 12,9 Grm. Hefe, Salz und Milch, also 307,2 Grm. Trockensubstanz, mithin hatte nur ein Substanzverlust von 4,5 Grm. stattgehabt. Auf wasserfreies Mehl berechnet beträgt dieses 1,53 Proc., auf gewöhnliches Mehl mit 12,85 Proc. Wassergehalt 1,76 Proc., auf die Gesammttrockensubstanz der Backstoffe, Mehl, Hefe, Salz, Milch berechnet, 1,46 Proc.

Von Bibra fand bei einem mit größter Sorgfalt ausgeführten Backversuche, wobei der ursprüngliche Wassergehalt sämmtlicher Zuthaten genau bestimmt wurde, einen Verlust von 2,1 Proc. auf wasserfreies Mehl berechnet.

Zu einem ganz ähnlichen Resultate kommt man auch nach einer von Normanby aufgestellten Rechnung, wobei die Angabe von Dauglish, das Brot bestehe im Wesentlichen aus 1 Volumtheil fester Substanz und 9 Volumtheilen in den Poren enthaltener Gase, als richtig angenommen ist.

Ein vierpfündiges Brotlaib ist 9 Zoll lang, 5 Zoll breit, 6,5 Zoll hoch, hat also einen Cubikinhalt von 292 Cubikzoll. Nimmt man davon 0,9 als gasförmig an, so enthält ein solches Brot 262,8 Cubikzoll Gase. Da gutes frisches Brot durchschnittlich 42,5 Proc. Wasser und 57,5 Proc. Trockensubstanz enthält, so würde ein vierpfündiges Brotlaib 11,900 Grains Wasser und 16000 Grains Trockensubstanz enthalten, von denen 422,5 Grains auf Salz und Aschenbestandtheile und 15677,5 Grains auf Mehlsubstanz kommen. Da beim Aufgehen des Brotes im Ofen die durch die Gährung gebildeten Gase sich durch die Ausdehnung im Volum verdoppeln, so ist im Teige nur die Hälfte der Gase enthalten und der Gasgehalt des Brotes von 262,8 Cubikzoll muß daher, um die Menge der nach der Gährung im Teige enthaltenen Kohlensäure zu finden, halbirt werden. Es bleiben demnach 131,4 Cubikzoll. Nimmt man an, daß diese aus reiner Kohlensäure bestehen, so repräsentiren sie nur ein Gewicht von 62 Grains dieses Gases. Da aber 1 Aeq. oder 198 Th. Zucker bei der Gährung 4 Aeq. oder 88 Th. Kohlensäure liefern, so entsprechen die 62 Grains Kohlensäure nur 140 Grains Zucker. In dem Brote sind aber 15677,5 Grains Mehlsubstanz enthalten, mithin hat nicht einmal 1 Proc. Gewichtsverlust stattgefunden. Hierbei ist allerdings die Menge der aus dem Teige stets entweichenden Kohlensäure nicht berücksichtigt, nimmt man diese, ganz hoch, als ebenso groß wie die im Teige enthaltene an, so erreicht dieses immerhin noch nicht einen Verlust von 2 Proc. der Mehlsubstanz.

Selbst dieser Verlust ist bedeutend genug und es wäre zu wünschen, wenn er auf irgend eine Weise vermieden würde, da damit jährlich viele Tausende Centner dem menschlichen Consum entzogen werden. Schon aus diesem Grunde hat die neue Backmethode ihre große Bedeutung. Der von Dauglish erzielte bedeutende Mehrgewinn an Brot kann aber nicht mehr als etwa 2 Proc. durch Vermeidung der Gährung herbeigeführt, betragen, er kann nur dadurch erklärt werden, daß dieses Brot um eine entsprechende Menge Wasser mehr enthält wie anderes. Bei der im Vergleich zu anderem Brot größeren Porosität ist es ganz denkbar, daß dieses Brot weit mehr Wasser enthalten könne, ohne jedoch im Geringsten wäßrig zu erscheinen. Im Vergleich zu gewöhnlichem Brote würde der Nahrungswerth allerdings um ein dem größeren Wassergehalt Entsprechendes geringer sein. Es ist aber fraglich, ob durch den hohen Grad der Porosität nicht die Verdaulichkeit in solchem Grade gesteigert wird, daß die geringe Menge Wasser nicht in Betracht kommt und unter Berücksichtigung der Verdaulichkeit beide Brotarten gleichwerthig sind.

Um den bei der Gährung gebildeten Alkohol, dessen Menge von Graham schon im Jahre 1826 zu 0,3 bis 1,0 Proc. von dem Gewichte des Mehles bestimmt wurde, zu gewinnen, hat man vielfache Versuche gemacht, so namentlich in einer großen Militairbäckerei in London. Die Condensation der Dämpfe erwies sich aber als so schwierig, daß man die Versuche, nachdem ein Capital von 20000 Pfd. Sterl. dafür ausgegeben war, als unausführbar aufgab.

Die von Graham beobachteten Zahlen für die Alkoholbildung beim Backen geben die beste Controle für die Richtigkeit der auf anderem Wege gefundenen Werthe für die Substanzverluste beim Backen und bestätigen diese durchaus.

Knetmaschinen. Das Kneten des Teiges ist anerkannt eine der beschwerlichsten und den Arbeiter am meisten erschöpfenden Arbeiten und erfordert daher in großen Bäckereien einen bedeutenden Aufwand an Arbeitslöhnen. Außerdem ist es da, wo man nicht auf die scrupulöseste Reinlichkeit und Accuratesse rechnen kann, eine ekelerregende Operation. Selbst aber wenn man annimmt, daß Jeder, der Brot backen will, vorher die Hände und Arme auf das Sorgfältigste reinige — ob dieses immer geschieht, ist mehr als fraglich —, so ist es doch nie zu vermeiden, daß der durch die Anstrengung aus allen Poren der Haut hervorbrechende Schweiß sich mit dem Teige vermischt und so als Brot mit verzehrt werde. Kommt nun noch hinzu, daß der Teig an manchen Orten nicht mit den Händen, sondern mit den Füßen geknetet wird, wie es in Westphalen beim Backen des sonst köstlichen Pumpernickels der Fall ist, so kann nur eben die langjährige Gewohnheit oder eine Nichtberücksichtigung des Widerwärtigen ein Gefühl des Ekels beim Essen des Brotes unterdrücken. Man hat, um diesem abzuhelfen, schon seit lange versucht die Handarbeit beim Brotbacken durch Maschinen zu verdrängen und eine Reihe von Apparaten construirt, die sowohl für den großen, wie für den kleinen Betrieb geeignet sind. Doch leider sind diese bis jetzt mit Ausnahme von großen Backanstalten noch sehr wenig verbreitet. Ob daran eine

noch nicht vollkommen zweckmäßige Construction, oder ein zähes Festhalten am Alten Schuld ist, mag unerörtert bleiben, wahrscheinlich ist aber das Erstere weniger Schuld daran, daß wir noch heute allgemein mit unserem Brote das genießen müssen, was uns mit Recht den größten Widerwillen einflößt.

Die Zahl der Knetmaschinen ist so groß, daß wir nur einige derselben hier anführen und beschreiben können. Eine der ältesten, welche lange Jahre in der Bäckerei Mouchot in Paris gearbeitet hat, ist die von Lambert construirte. Sie ist in Fig. 316 im Längendurchschnitt, in Fig. 317 in äußerer Ansicht dargestellt.

Die Lambertine besteht aus einem cylindrischen Troge *P*, der um zwei in Lagern ruhenden Zapfen *f* drehbar und oben mit drei Klappen *D*, welche durch Bügel *l* festgehalten werden, verschließbar ist. Die Bewegung wird von einer Maschine auf die Riemenscheibe *a* übertragen, die auf eine liegende Welle aufgezogen ist. Diese Welle ruht auf der einen Seite in einem Lager auf der eisernen Säule *i*, auf der anderen Seite auf einem Lager auf dem hölzernen Gerüste, außerdem wird sie noch in der Mitte von einer Stütze und darauf befindlichem Lager gehalten. Auf der Welle befindet sich außerdem das Schwungrad *d* und das kleine Trieb *b*, welches mit seinen Zähnen in das große Vorgelege *c* eingreift. Letzteres ist auf den Zapfen *f* aufgezogen und dreht daher den Cylinder um seine Achse. Um den Cylinder rasch zum Stillstehen zu bringen, nachdem die Scheibe *a* außer

Fig. 316.

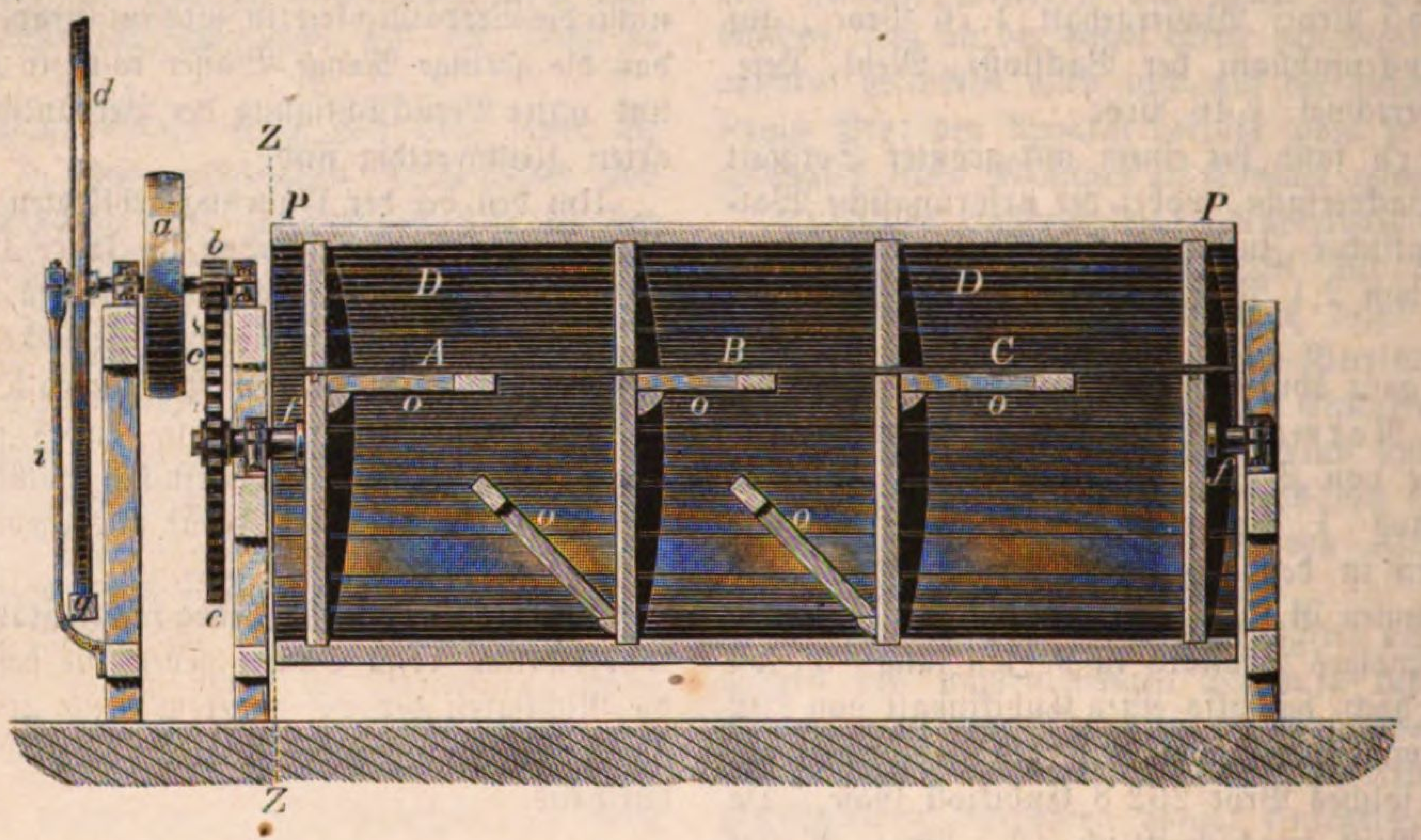
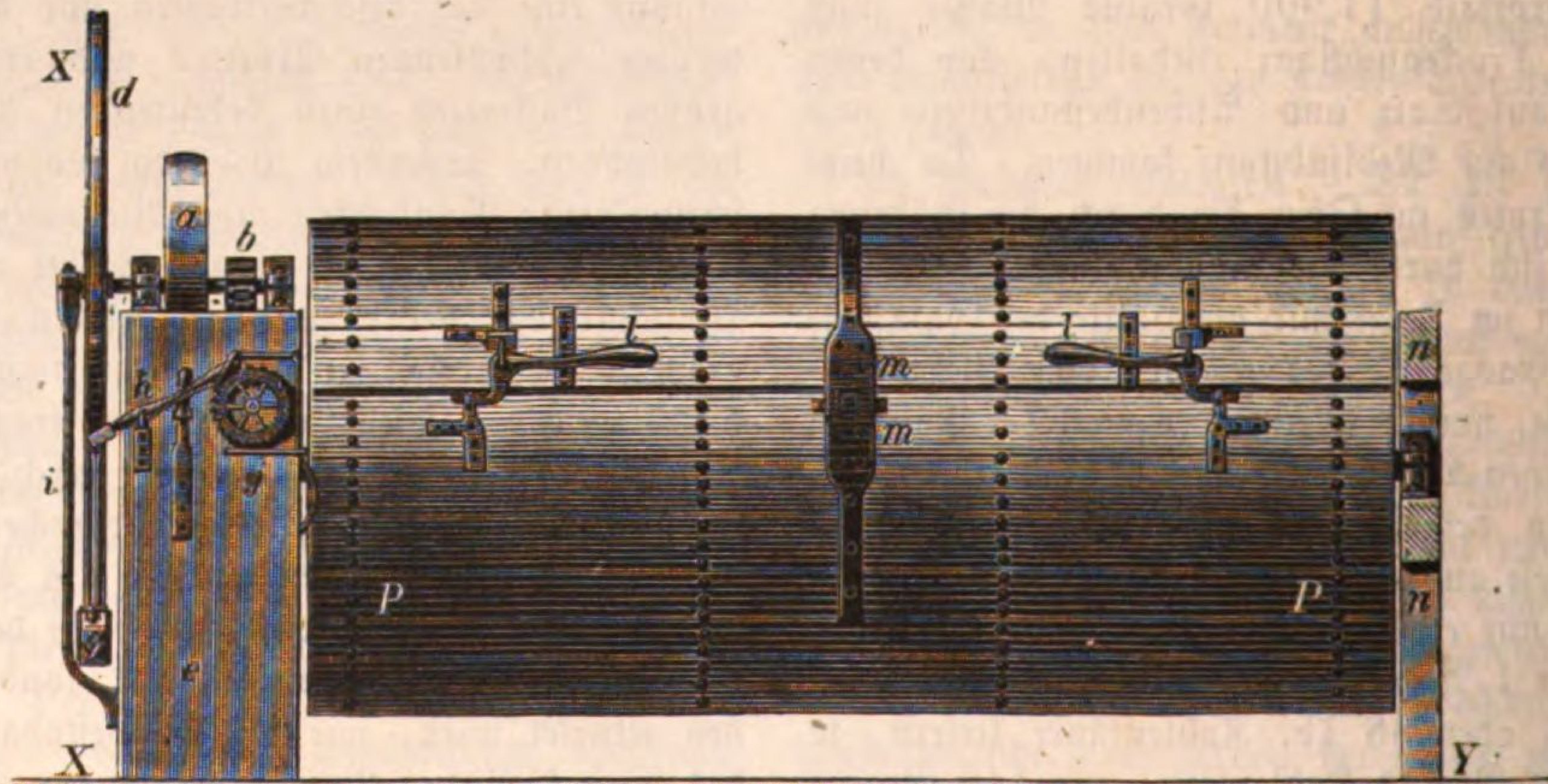


Fig. 317.



Thätigkeit gesetzt ist, ist eine Hemmung, ähnlich wie ein Hemmschuh am Wagenrade, angebracht, welche nach einem Druck auf einen Hebel sich so an das Schwungrad anlegt, daß dieses sofort arretirt wird und somit auch die Umdrehung des ganzen Apparats aufhebt. Im Innern ist der Cylinder durch Scheidewände in drei Räume *A*, *B*, *C* getheilt und an den Scheidewänden sind Latten *o* so befestigt, daß sie leicht herausgenommen werden können. — Die Abtheilungen *A* und *C* dienen dazu, den Sauerteig zu bereiten. Man trägt dazu in jede derselben

125	Kilogramm	angefrischten Sauerteig,
67	„	Mehl,
33	„	Wasser,

schließt den Deckel und setzt die Maschine in Bewegung.

Durch die Umdrehung wird der Teig beständig herumgeworfen, in dem Mehl und Wasser gewälzt, wobei die Latten *o* den dünnen Teig theilen und zerreißen, so daß nach und nach eine ganz gleichförmige Mischung entsteht. Bei der Bewegung der Maschine greift das Rad *c* in ein Rad eines Zählapparats ein, dessen äußeres Sperrrad bei *h* in Fig. 317 sichtbar ist, und dieses steht mit einem Lärmsignal in Verbindung, welches nach einer gewissen Zahl von Umdrehungen, etwa nach 7 Minuten eine Glocke in Bewegung setzt, die dem Aufseher anzeigt, daß der Teig zu untersuchen sei. Je nach dessen Beschaffenheit wird mehr Mehl oder Wasser zugesetzt und die Maschine wieder in Bewegung gesetzt. Nach 10 Minuten erschallt das Signal zum zweiten Male, womit das Kneten des Vorteiges beendigt ist. Man nimmt dann aus jeder Abtheilung *A* und *C* 75 Kilogrm. Vorteig und bringt diese

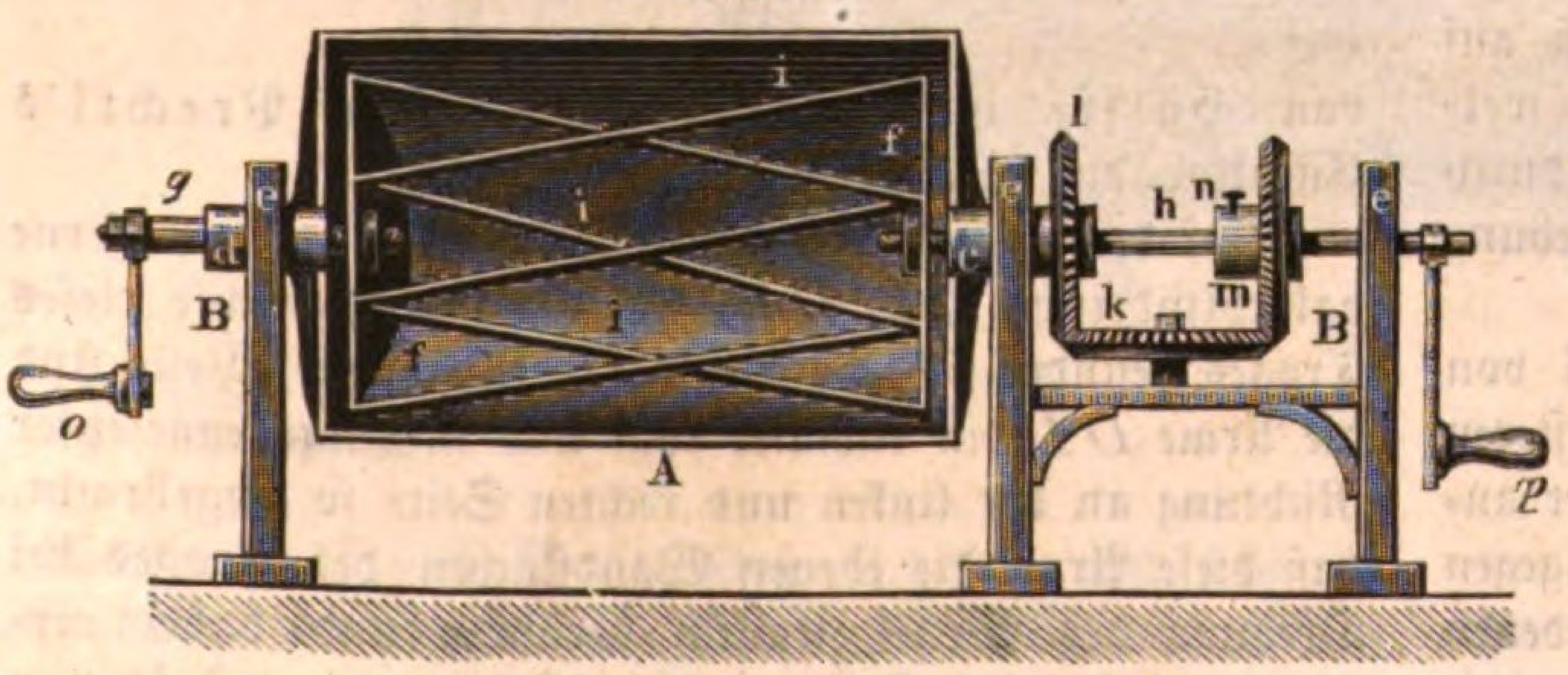
150 Kilogramm Vorteig,
100 „ Mehl,
50 „ Wasser

in die Abtheilung *B*, in *A* und in *C* kommen dabei wieder in jede 50 Kilogrm. Mehl und 25 Kilogrm. Wasser. Man läßt dann wieder umgehen, besichtigt den Teig nach 7 Minuten, der beim zweiten Signal, also nach 17 Minuten fertig ist. Der fertige Teig wird dann aus *B* herausgenommen und aus jeder der Abtheilungen *A* und *C* wieder 75 Kilogrm. Vorteig mit 100 Kilogrm. Mehl und 50 Kilogrm. Wasser nach *B* gebracht, worauf man *A* und *C* wieder wie angegeben mit Mehl und Wasser anfrischt.

Das zum Einteigen benutzte Wasser wird vorher im Sommer auf etwa 20°, im Winter auf 25 bis 30° C. erwärmt und dem Wasser, welches zum eigentlichen Teige benutzt wird, 200 bis 250 Grm. frische Bierhefe zugesetzt; zum Vorteige kommt dagegen keine Hefe.

Eine andere, ebenfalls geschlossene cylindrische Maschine (Fig. 318) wurde von Clayton construirt. Sie unterscheidet sich von der vorigen dadurch, daß im Innern

Fig. 318.



des Cylinders ein besonderer Knetapparat angebracht ist und daß dieselbe die mannigfachste Bewegung zuläßt, indem sowohl der Cylinder wie der Knetapparat in entgegengesetzter Richtung, als auch der Cylinder für sich und endlich der Knetapparat für sich bewegt werden kann.

Der eiserne, mit einer Oeffnung zum Einfüllen der Materialien versehene Cylinder ruht auf einem starken, hölzernen Gerüst *B* und wird von zwei hohlen Rohrstutzen *c* und *d*, die sich in Lagern *e* drehen, getragen.

ff ist der Knetapparat, ein eisernes Gitter, dessen Stäbe *ii* mit Messern besetzt sind. Derselbe ist an zwei Zapfen *gh*, die durch die Rohrstutzen *cd* gehen, befestigt. Der Zapfen *g* trägt die Kurbel *o*. Auf dem Rohrstutzen *c* ist das conische Rad *l* befestigt, dieses greift in das horizontale Rad *k* und dieses wieder in das verticale Rad *m*, auf dessen Achse auf der einen Seite eine hohle Büchse aufgezogen ist, in der das Ende des Zapfens *h* liegt und durch eine Schraube *n* mit dieser Büchse und also mit dem Rade *m* verbunden werden kann. Außerdem ist in der Achse dieses Rades eine Welle befestigt, die es mit der Kurbel *p* in Verbindung bringt.

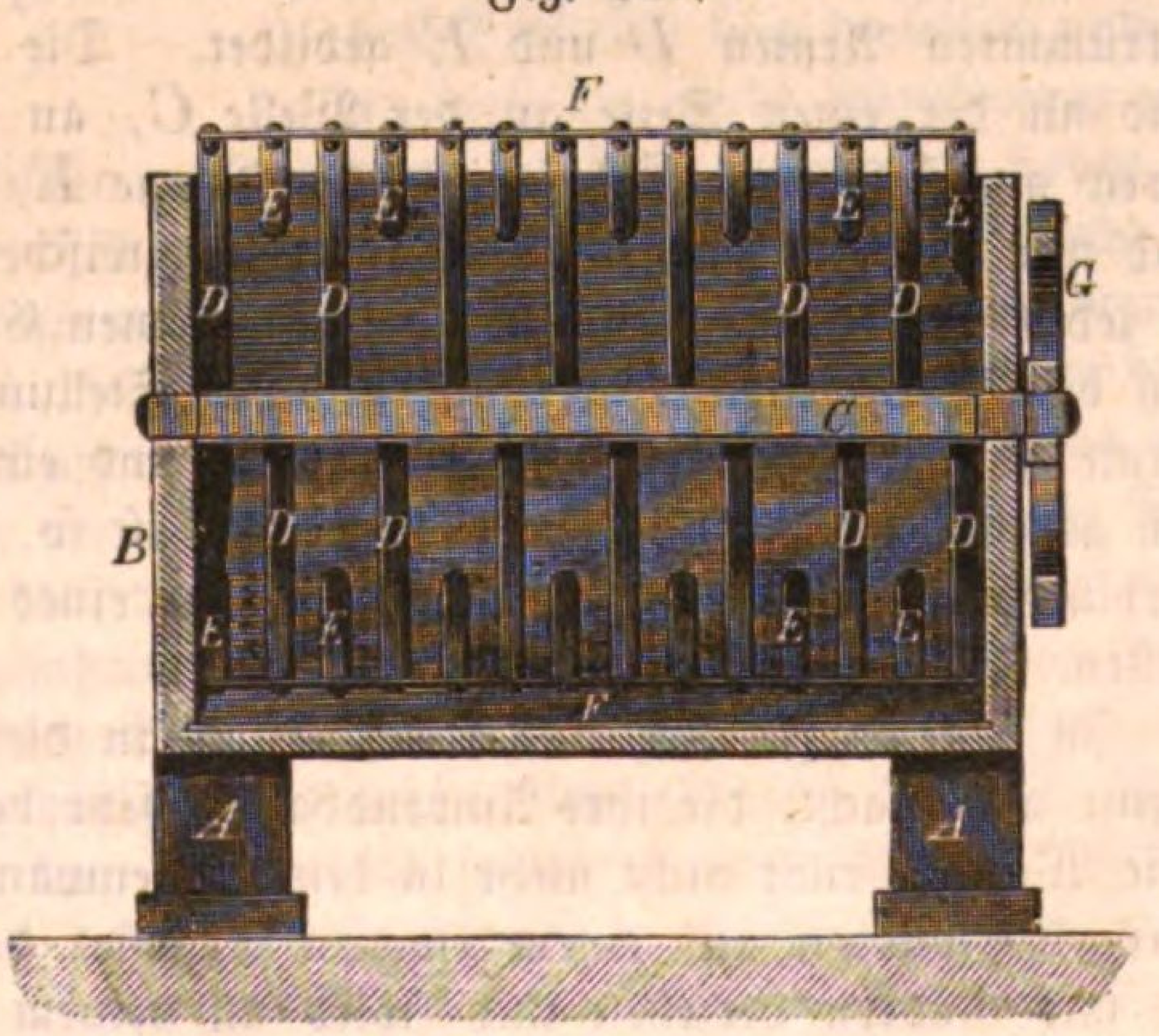
Will man nun den Cylinder und die Knetvorrichtung zusammen gehen lassen, so wird der Zapfen *h* durch Anziehen der Schraube *n* mit dem Rade *m* in Verbindung gebracht und die Kurbel *o* gedreht. Diese bedingt zunächst die Umdrehung des Knetwerkes, indem sie auf dem Zapfen *g* befestigt ist; denkt man sich beide Zapfen *gh* als eine Welle, die durch den Mittelpunkt des Cylinders und durch die beiden Rohrstutzen *dc* geht, so ist es klar, daß diese Welle dann das Rad *m* umtreiben wird. Da dieses in das Rad *k* greift und dadurch wieder die Bewegung auf das Rad *l* überträgt, welches auf dem Rohrstutzen *c* befestigt ist, so muß sich gleichzeitig der mit *c* verbundene Cylinder umdrehen.

Will man nur das Knetwerk gehen lassen, so wird die Schraube *n* gelöst und wieder die Kurbel *o* gedreht. *m* ist dann eine einfache Lagerbüchse für die Welle *gh* und die Räder *lkm* bleiben ruhig stehen und mit ihnen auch der Cylinder. Will man dagegen bei stehendem Knetapparat den Cylinder drehen, so bedient man sich der Kurbel *p*, nachdem die Schraube *n* gelöst ist. In diesem Falle ist, um die Drehung des Knetapparats durch die, durch den Teig hervorgebrachte Reibung zu verhüten, für eine entsprechende Befestigung der Kurbel *o* zu sorgen, ebenso wie dieses mit *p* zu geschehen hat, wenn man nur den Knetapparat, nicht aber den Cylinder in Bewegung bringen will.

Es ist klar, daß diese Maschine eine sehr kräftige, zerrende, zerreißende und doch wieder vereinigende Wirkung auf den Teig ausüben muß.

Rolland's Knetmaschine ist in Fig. 319 im Längendurchschnitt, in Fig. 320 im Querdurchschnitt,

Fig. 319.



in Fig. 321 in oberer Ansicht dargestellt. Sie unterscheidet sich von der vorhergehenden dadurch, daß sie einen feststehenden, oben offenen Trog, aber ein bewegliches Knetwerk hat.

Fig. 320.

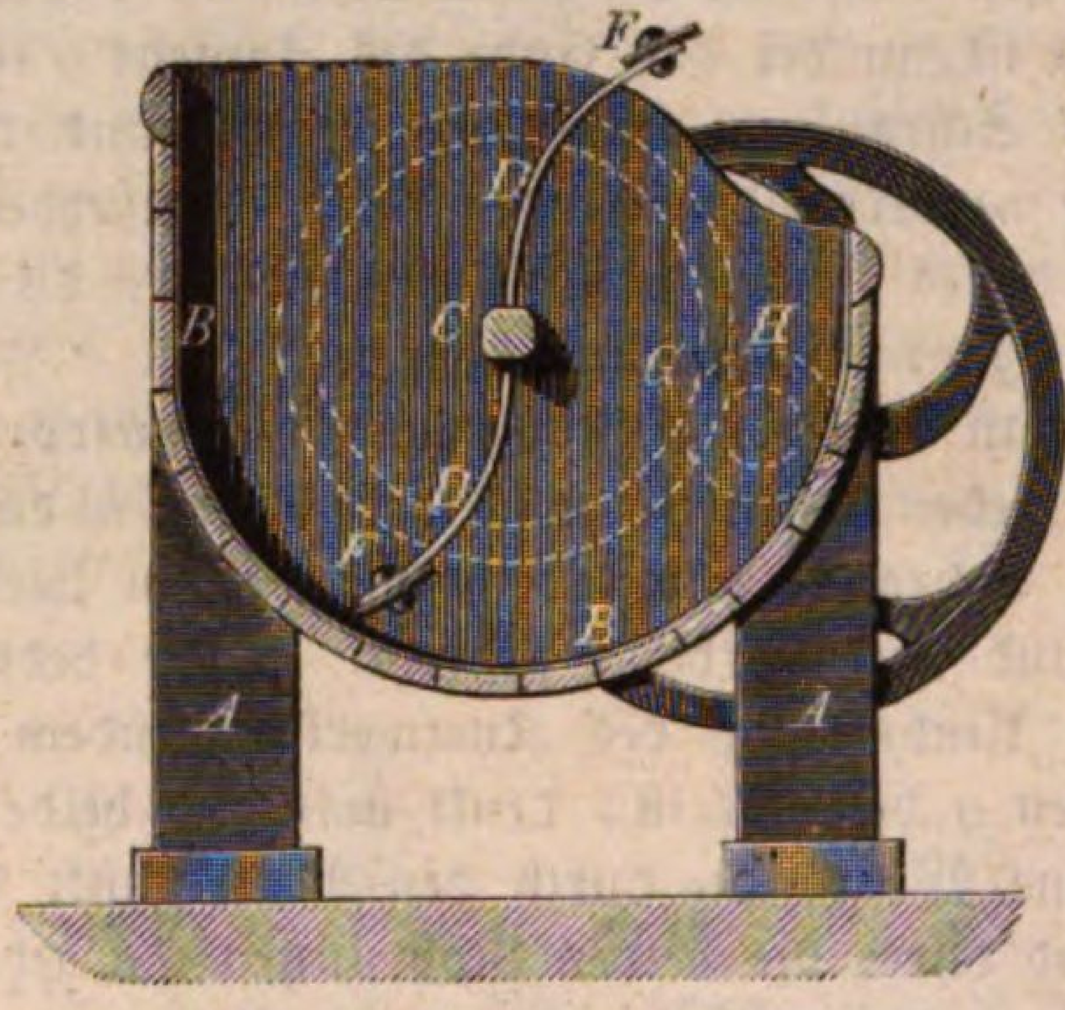
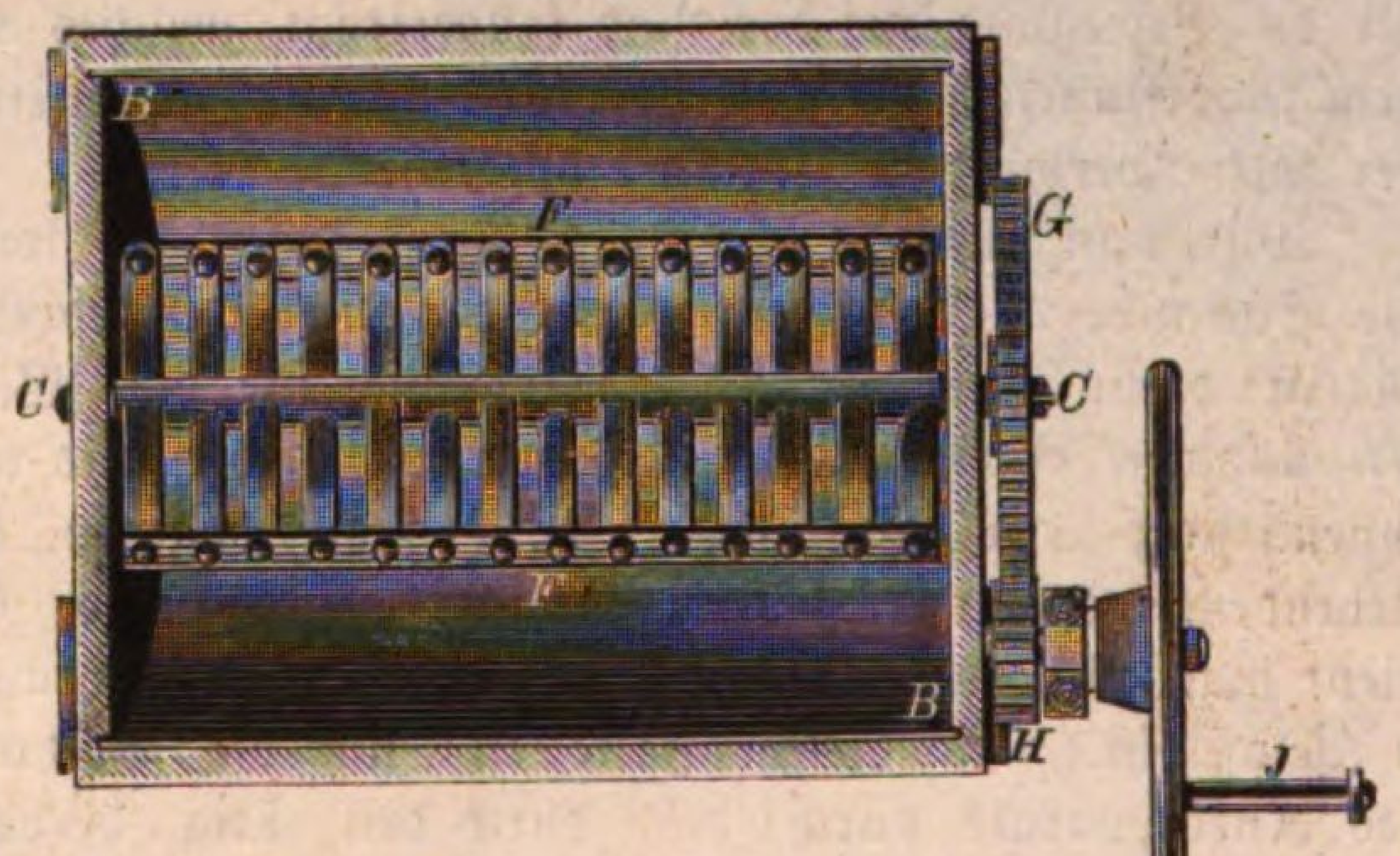


Fig. 321.



Der Trog B ist von Holz, inwendig mit Weißblech ausgeschlagen und ruht auf vier hölzernen Füßen A. Das Knetwerk ist an der Welle C befestigt, die sich in Lagern in den beiden Seitenwänden des Troges dreht. Die Bewegung wird dadurch hervorgebracht, daß auf der Welle ein großes Zahnrad G befestigt ist, in welches der Trieb H eingreift. Dieser letztere wird durch die Kurbel I und ein Schwungrad in Umdrehung versetzt.

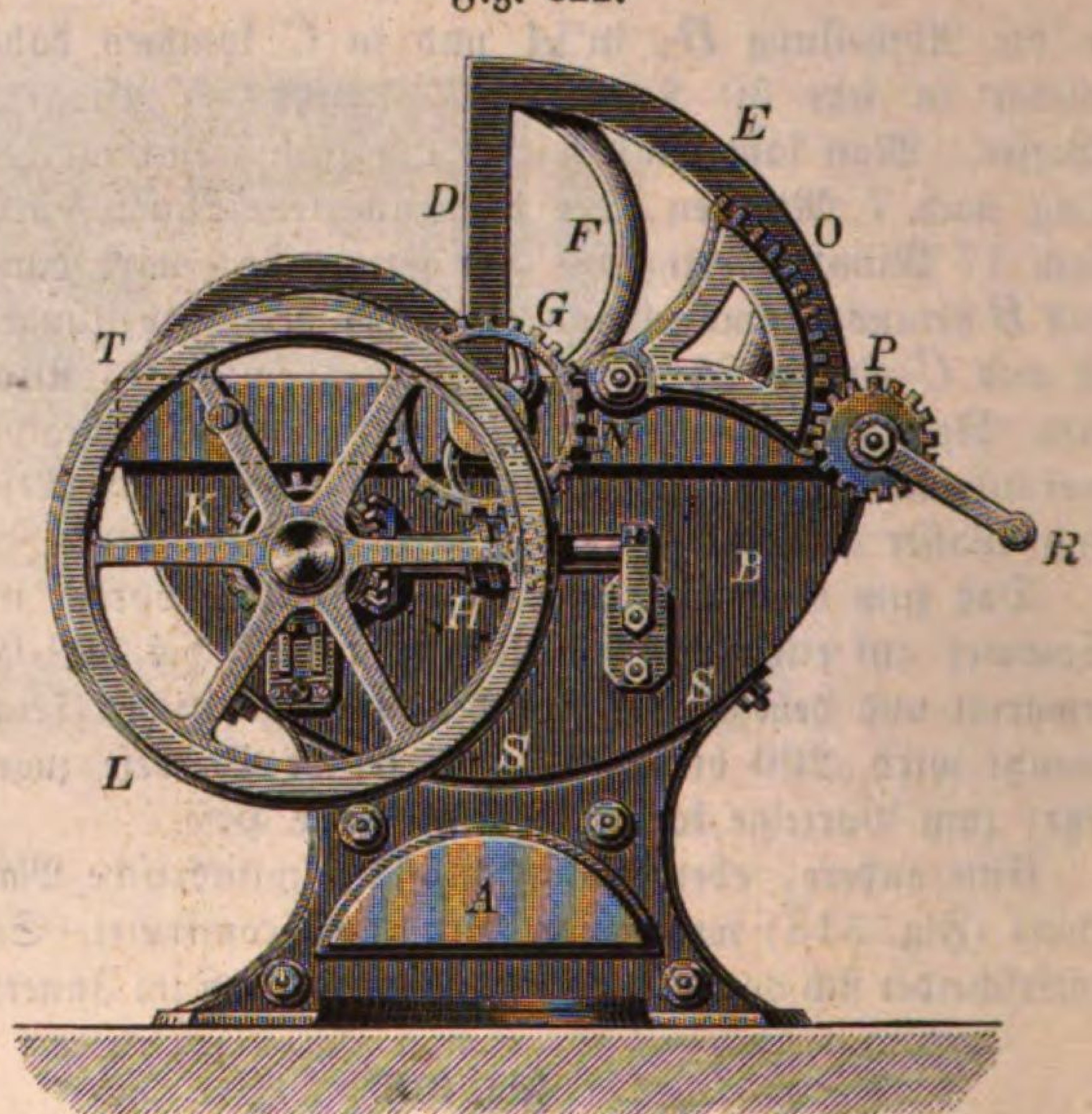
Die Knetvorrichtung wird durch eine Anzahl von gekrümmten Armen D und E gebildet. Die ersteren sind an der einen Seite an der Welle C, an der anderen an Schienen F befestigt, die Arme E dagegen sind nur halb so lang wie die anderen, zwischen denen sie jedes Mal liegen, und sind nur am einen Ende mit den beiden Schienen F verbunden. Die Stellung dieser Arme ist so, daß jedes Mal ein kurzer und ein langer sich gegenüberliegen und ihre Krümmung ist so, daß sie, verbunden gedacht, annähernd die Form eines S darstellen.

In neuerer Zeit ist eine Abänderung an dieser Maschine angebracht, die ihre Anwendbarkeit sehr befördert. Die Welle C ruht nicht mehr in den Seitenwänden des Troges, sondern auf einem eigenen Gestelle, der Trog ist mit Rädern versehen und wird auf einem kleinen Schienengleis unter den Knetapparat geschoben und nach beendigtem Kneten wieder entfernt, wodurch die weitere Verarbeitung des Teiges erleichtert wird. Außerdem hat man die Construction der Arme dahin abgeändert, daß diese nicht mehr gebogen, sondern gerade sind, aber in schiefer Richtung gegen die Welle stehen.

Eine in neuerer Zeit erfundene Maschine von Maréveny unterscheidet sich von dieser nur durch eine etwas abweichende Construction der Knetvorrichtung. Statt der geraden oder gebogenen Arme haben bei jener die Arme die Form eines T, wodurch der Zweck erreicht werden soll (?) eine große Menge von Luft in den Teig einzukneten.

Nach demselben Princip, aber mit einem ganz anders geformten Knetwerk ist die in Fig. 322 bis 324 dargestellte Maschine von Boland. Fig. 322 ist eine vordere Ansicht, Fig. 323 ein Längendurchschnitt des Troges, Fig. 324 ein Grundriß. Die Maschine ist

Fig. 322.



von Hülsse in den Supplementen zu Prechtl's Encyklopädie folgendermaßen beschrieben:

Auf den gußeisernen Füßen AA ruht der gußeiserne halbcylindrische Trog BB. In der Cylinderachse dieses Troges befindet sich die Welle C. An dieser Welle sind die Arme DD' in radialer Lage und in entgegengesetzter Richtung an der linken und rechten Seite so angebracht, daß diese Arme die ebenen Wandflächen des Troges bei Drehung der Welle ziemlich berühren und dabei vermöge der schiefen Stellung ihrer Flächen den Teig von diesen Wänden ablösen. An das äußere Ende von D und D' schließen sich die schraubengangförmig gebogenen Windungen E und E'. Die äußere Kante derselben liegt in einer Cylinderfläche und berührt die innere Cylinderfläche des Troges; es laufen diese Windungen nicht ganz bis zu der anderen Wandfläche des Troges und sind dieselben durch die Arme F und F' noch mit der Welle verbunden; und schließt sich wohl die Windung E und E' ziemlich an ihrem der Achse nahe liegenden Ende noch durch eine kurze Zwischenverbin-

dung an D an. Während diese Windungen bei einer Drehung der Welle den Teig abwechselnd von rechts nach links und von links nach rechts etwas fortschieben und zu häufigem Ueberstürzen veranlassen, durchschneiden

Fig. 323.

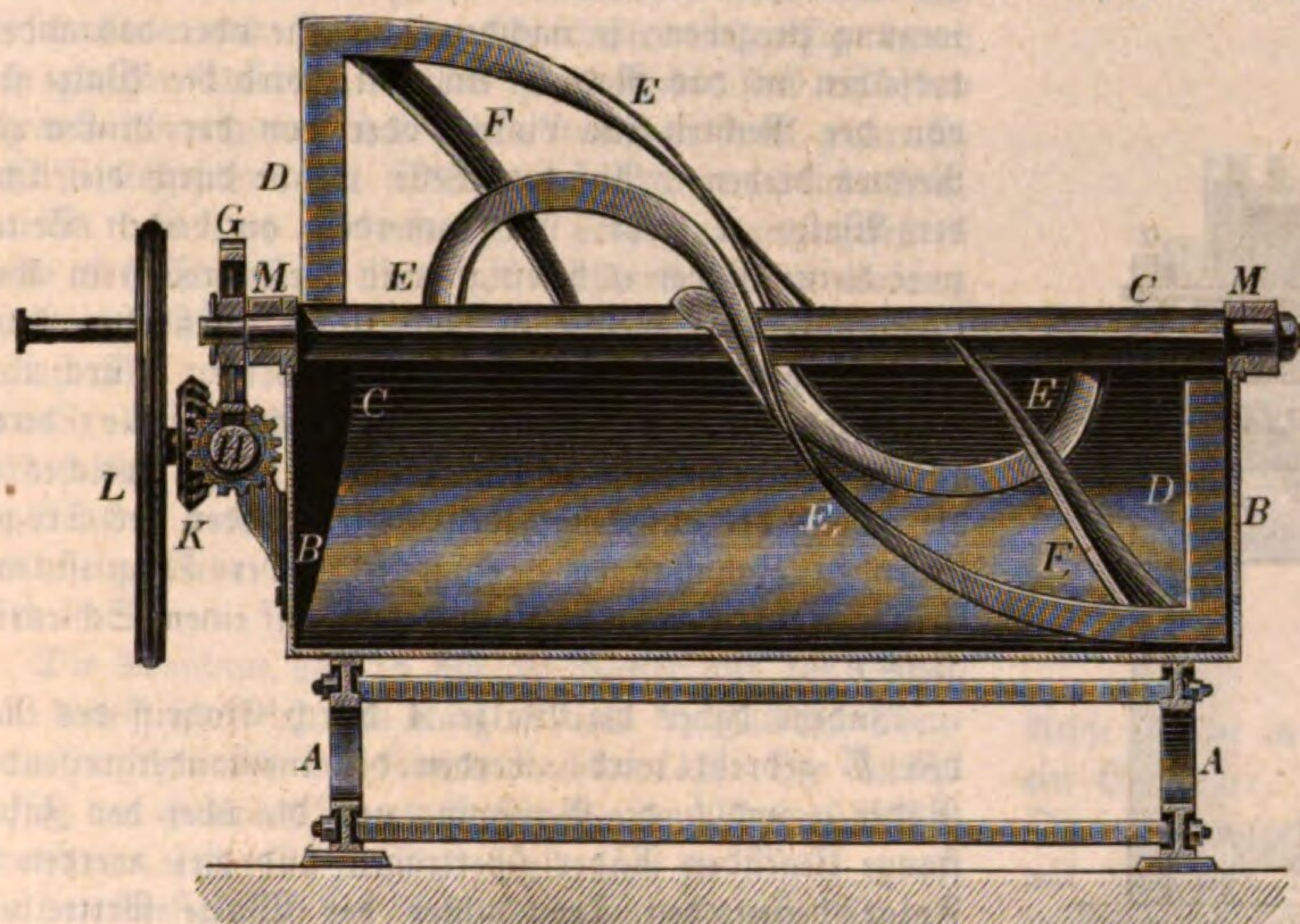
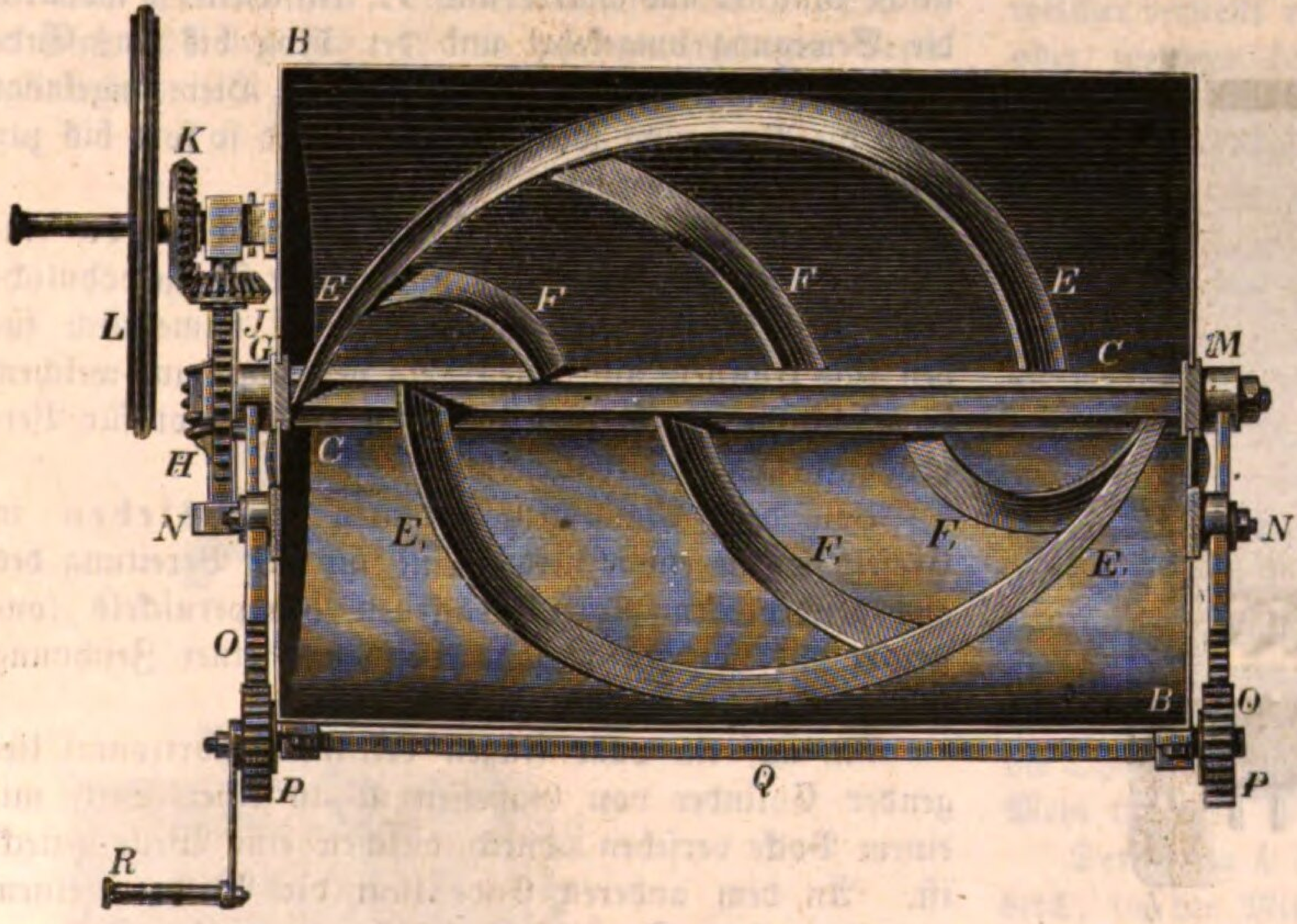


Fig. 324.



die Arme F und F' denselben mehrfach und bewirken so das Durchkneten und gleichförmige Mischen desselben, indem namentlich ein Aufheben und Ausziehen des Teiges eintritt.

An der sechsseitigen Welle C befindet sich auf der linken Seite das Rad G, in welches die Schnecke H eingreift, letztere sitzt auf einer Welle, die in, an die Trogwand eingeschraubten Lagern ruht und das Winkelrad J enthält, in welches das an der Kurbelradwelle angebrachte Winkelrad K eingreift. Durch Drehung der Kurbel L wird die Bewegung auf die Welle C übertragen.

Um nach beendigtem Kneten den Trog entleeren zu können, ist die Welle C nebst Armen und Windungen zum Ausheben eingerichtet. Zu dem Ende befinden sich die Lager der Welle C an beiden Seiten des Troges bei M in dem Ende der Hebel MNO, welche bei N ihre Drehpunkte am Troge haben und bei O mit Zahnradsectoren versehen sind; in letztere greifen die Getriebe P an der Welle Q ein. Da nun die Welle Q mit der Kurbel R versehen ist, so bewirkt eine Drehung von R ein Ausheben der Welle O, wobei sich das Zahnrad G aus der Schnecke H herauszieht.

Bei den mechanisch bewegten Knetmaschinen dieser Art ist die zuletzt beschriebene Einrichtung weniger zweckmäßig; man läßt daher bei den neueren Constructionen die Welle C an ihrer Stelle und macht den Trog B um seine Achse beweglich. Es geschieht dies dadurch, daß an der cylindrischen Endfläche des Troges bei SS (Fig. 322) gekrümmte Zahnstangen angebracht werden, in welche Getriebe eingreifen. Der Trog wird dabei so um seine Achse gedreht, daß die eine Seite, etwa T tiefer zu liegen kommt; wird dann die Welle C langsam umgedreht, so schieben die Windungen EE den Teig über den Rand T hinaus und bewirken dadurch, daß er in einen untergeschobenen Trog fällt. Das an $BDEE'$ Hängenbleibende wird dann mit einem Abstreicher entfernt.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle C beträgt etwa 10 Touren in der Minute und das Durcharbeiten einer eingegebenen Teigmasse von 400 Pfd. oder das dazu nöthige Einmachen und Einteigen des Sauerteigs erfordert einen Zeitraum von höchstens 10 Minuten.

Um eine solche Knetmaschine für einen größeren Betrieb zweckmäßig benutzen zu können, ist es nothwendig, sie in solcher Höhe aufzustellen, daß Backtröge über derselben und unter derselben leicht herzubewegt werden können. Es werden zu dem Zwecke die Tröge mit kleinen Rädern versehen und sowohl über als unter der Maschine eine Eisenbahn angebracht, beide Bahngleise aber in einiger Entfernung von der Knetmaschine durch einen Aufzug mit einander verbunden. Ist nun das vorläufige Vermischen von Sauerteig, Wasser und Mehl in der Knetmaschine erfolgt und das Product in einen untergefahrenen Trog gebracht, so wird dieser nach einem geeigneten Punkte auf der unteren Eisenbahn abgefahren, nach gehörigem Aufgehen aber auf die obere Bahn gehoben, um den Inhalt in die Knetmaschine auszuschütten, wo dann der Hauptteig durch Zusatz der erforderlichen Menge von Mehl und Wasser gebildet wird; der

fertige Teig wird dann wieder in einen untergefahrenen Trog entleert und nach dem Aufgehen zu Brotlaiben ausgewirkt.

Die Knetmaschine von Disdier (Fig. 325 u. 326) weicht von allen vorher beschriebenen vollständig ab.

Fig. 325.

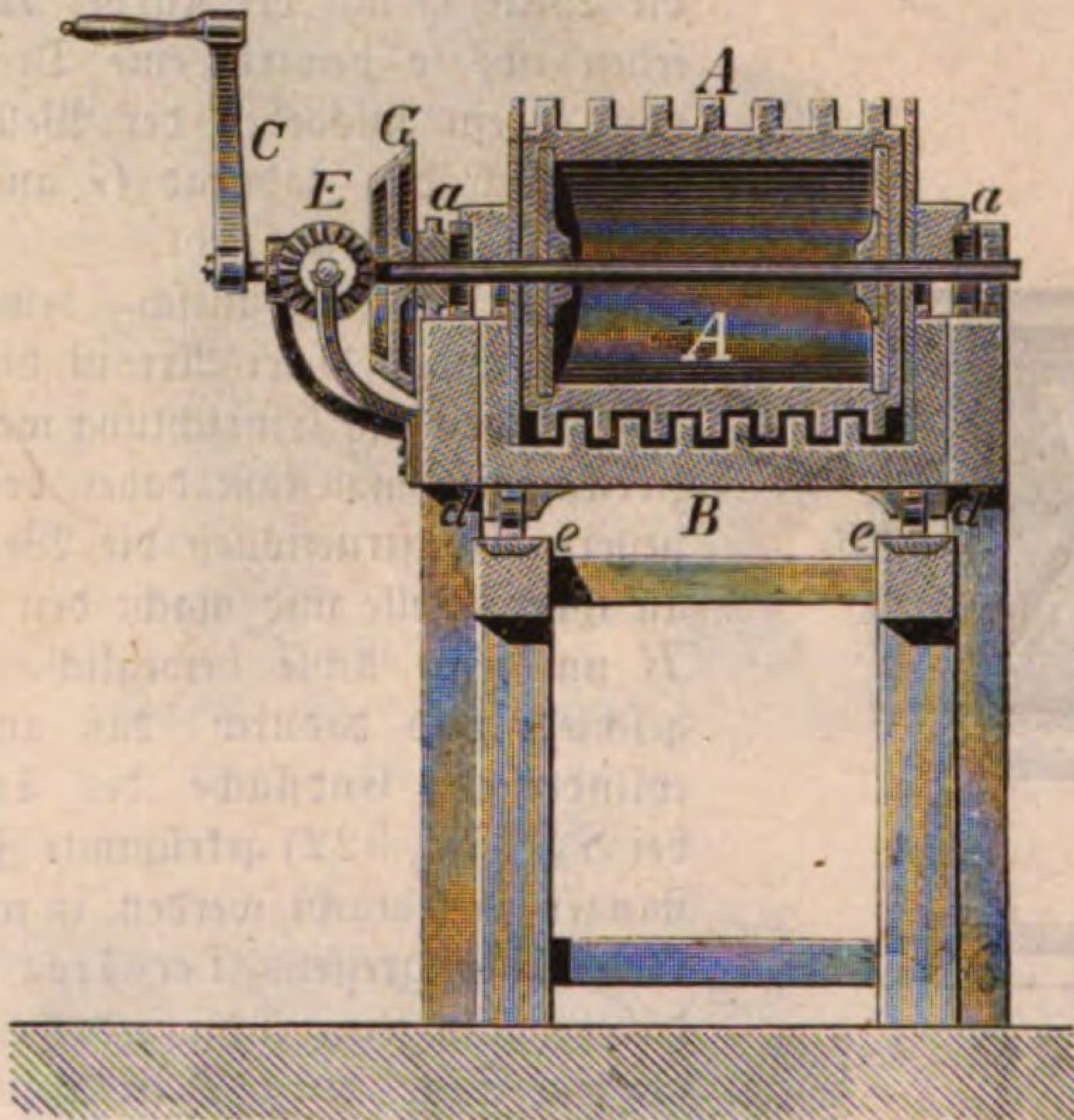
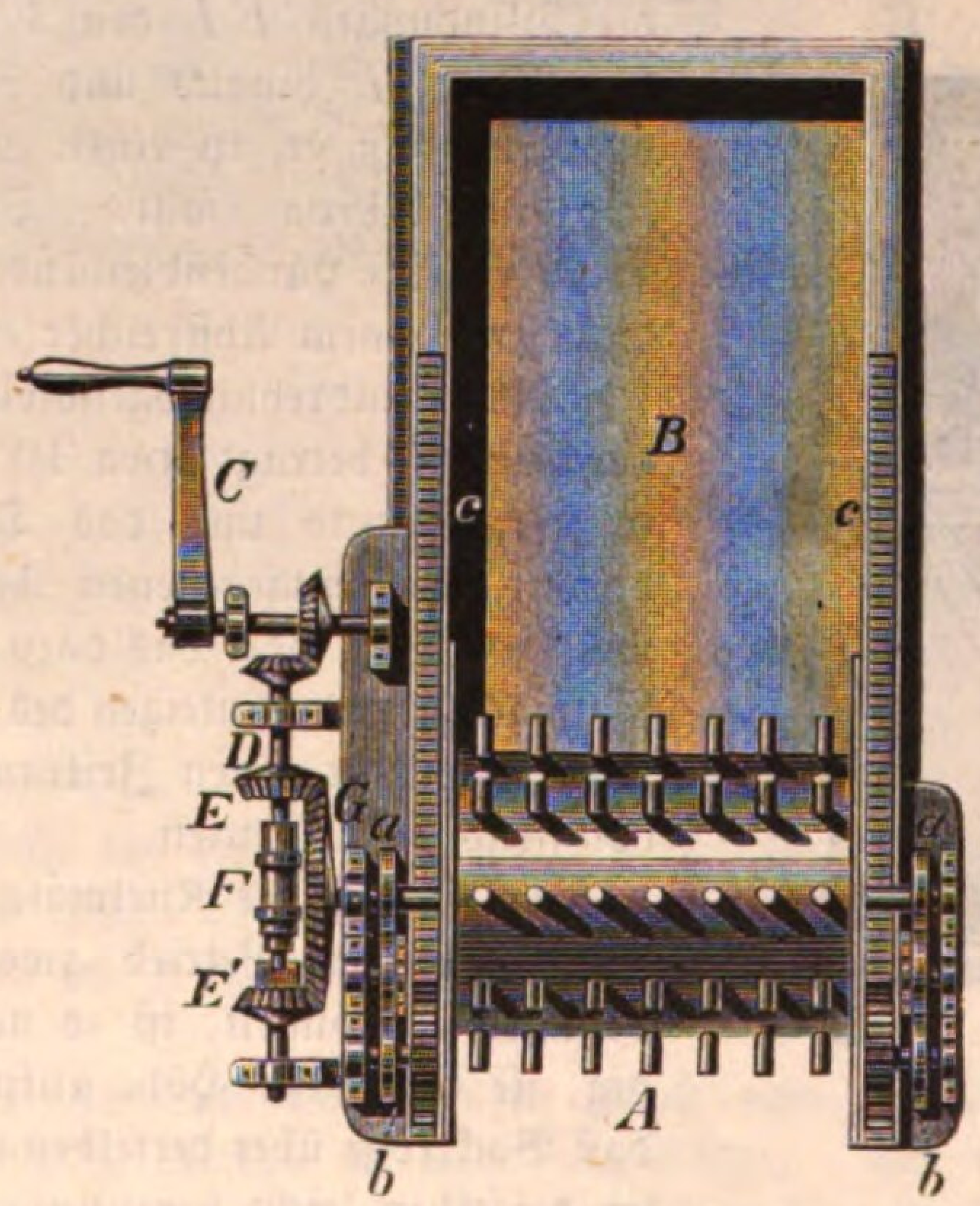


Fig. 326.



Sie besteht aus einem beweglichen langen flachen Troge B und der Knetvorrichtung A. Der Trog ist in Fig. 326 in der Mitte durchschnitten gezeichnet. Die Knetvorrichtung besteht in einer mit starken Pflöcken besetzten Walze, die so gestellt sind, daß sie in die von eben solchen Pflöcken gebildeten Zwischenräume am Boden des Troges eingreifen, wie aus Fig. 325 ersichtlich ist, und so ein starkes Zerdrücken und Zerreißen des Teiges bewirken. Die Bewegung wird der Walze von der Kurbel C mitgetheilt, auf deren Welle ein conisches Rad befestigt ist, welches in ein eben solches Rad auf der liegenden Welle D eingreift. Auf dieser Welle sind zwei andere conische Räder E und E' lose aufgezogen, die aber durch Einschiebung eines Ankers F auf der Welle D befestigt werden können. Das eine oder das andere dieser Räder greift, nachdem es durch den Anker festgestellt ist, in das große Rad G, welches auf der Achse der Walze A befestigt ist. Der Zweck des Rades E und E' ist, dieser Walze eine abwechselnde Bewegung zu geben: je nachdem das eine oder das andere derselben in das Rad G eingreift, wird die Walze sich von der Rechten zur Linken oder von der Linken zur Rechten drehen. Auf der Welle, welche durch die Achse der Walze A geht, sind außerdem an beiden Seiten zwei kleine Räder a befestigt und diese greifen in ähnliche Räder b, welche so hoch liegen, daß ihre Achse etwas höher als der Rand des Troges ist. Durch ihre Achse geht eine kurze, in Lagern ruhende Welle, deren anderes Ende wieder je ein Zahnrad trägt, welches in die Zähne der auf den beiden Seitenwänden des Troges liegenden Zahnstangen c eingreift. Der Trog ist mit kleinen Rädern d versehen und ruht auf einem Schienengleis e.

Indem daher die Walze A durch Eingriff des Rades E gedreht wird, werden die ineinandergreifenden Räder a und b die Bewegung auf die über der Zahnstange liegenden Räder übertragen und diese werden in Folge dessen den Trog unter der Walze forttreiben. Sobald dieser an dem Ende der Zahnstange angekommen ist, wird die Bewegung umgekehrt, indem man das conische Rad E ausschaltet und E' einschaltet, wodurch die Bewegung umgekehrt und der Trog bis ans Ende der Zahnstange zurückgeschoben wird. Hier angelangt wird die Bewegung wieder geändert und so fort bis zur Beendigung des Knetens.

Diese Maschine übt einen großen Druck auf die einzelnen Theile des Teiges aus und würde für gewöhnliche Bäckereien kaum brauchbar sein, sie ist namentlich für den sehr trocknen und festen Teig bestimmt, aus welchem die Schiffszwiebäcke und ähnliches festes Brot für Verproviantirung ꝛc. gebacken wird.

Von dem Maschinenfabrikanten Wansleben in Crefeld wurde eine Knetmaschine für die Bereitung des aus geschrotenem Korn gebackenen Pumpernickels construirt und von Jeep ohne Beifügung einer Zeichnung folgendermaßen beschrieben:

Ein auf ein paar Füßen befestigter horizontal liegender Cylinder von Gußeisen ist an einer Seite mit einem Bocke versehen, durch welchen eine Welle gesteckt ist. An dem anderen Ende liegt die Welle in einem vorgeschraubten Stege, so daß neben demselben Oeffnungen bleiben, wie z. B. bei den Ziegelmaschinen, durch welche der Teig gehen kann. Vor diesem Stege, mit dem Cylinder verbunden, befindet sich ein conischer Ansatz aus Blech angefertigt, welcher sich auf den dem Querschnitt des Brotes entsprechenden Durchmesser zusammenzieht. Der Teig muß dann durch diesen Ansatz gehen und kommt in der Stärke aus der Maschine, welche diesem entspricht, wird daselbst abgeschnitten und bei Seite gelegt, um durch nachheriges Pressen eine viereckige Form zu erhalten.

An den Seiten des Hauptcylinders entlang sind Schlitze angebracht, in welche Schienen mit etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll langen Messern gesteckt werden. Auf der durch den

Cylinder gehenden Welle befinden sich ebenfalls Messer, welche so geschliffen sind, daß sie von dem in der Maschine befindlichen Teige ein Stück abschneiden, dieses nach dem Ausgange hin drücken, gleichzeitig aber in Verbindung mit den seitlich angebrachten Messern zerreiben und dadurch unter einander kneten. Damit nun das Abschneiden und Durcheinanderarbeiten allmälig durch den ganzen Cylinder vor sich gehen kann, sind dieselben schraubenförmig auf der Welle vertheilt und zwar so, daß sie ungefähr zwei Schraubenwindungen beschreiben.

An dem dem Ausgange des Teiges entgegengesetzten Ende des Cylinders ist der Einfalltrichter, in welchen das mit Wasser und Sauerteig vermischte Mehl gethan wird. Die rotirende Bewegung der durchgehenden Messerwelle erfolgt durch irgend eine Vorrichtung mittelst Räder und Riemen. Als zweckmäßig hierzu hat sich ein Laufrad bewiesen, welches durch einen Esel oder — durch ein Paar Lehrjungen (!!!) in Bewegung gesetzt wird.

Die Maschine hat 28 bis 30 Messer auf der Welle, von denen jedes $\frac{1}{2}$ Zoll stark ist und $\frac{3}{4}$ Zoll Zwischenraum zwischen sich und seinem Nachbar läßt. Der Durchmesser des Hauptcylinders ist für die am Rhein üblichen Brotsorten etwa $7\frac{1}{2}$ bis 8 Zoll und die Welle macht mit den Messern 25 bis 30 Umdrehungen in der Minute.

Endlich mag noch eine neue für Newton in England patentirte Maschine, welche einen continuirlichen Betrieb gestatten soll, hier erwähnt werden. Sie ist in Fig. 327 und Fig. 328 in zwei verschiedenen Verticaldurchschnitten, in Fig. 329 im Grundriß dargestellt.

Fig. 327.

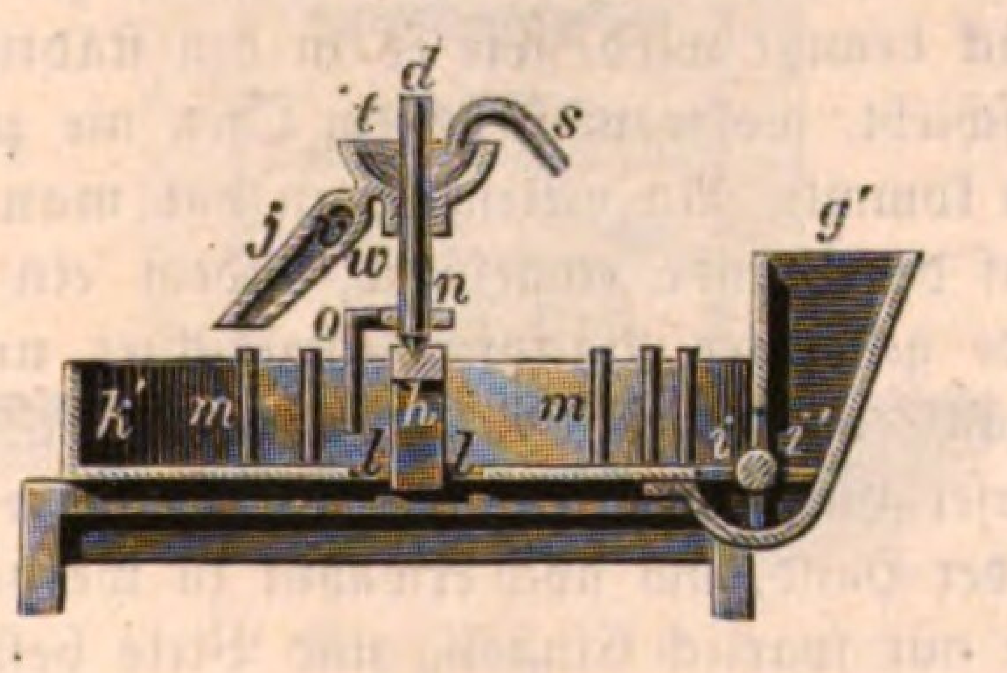
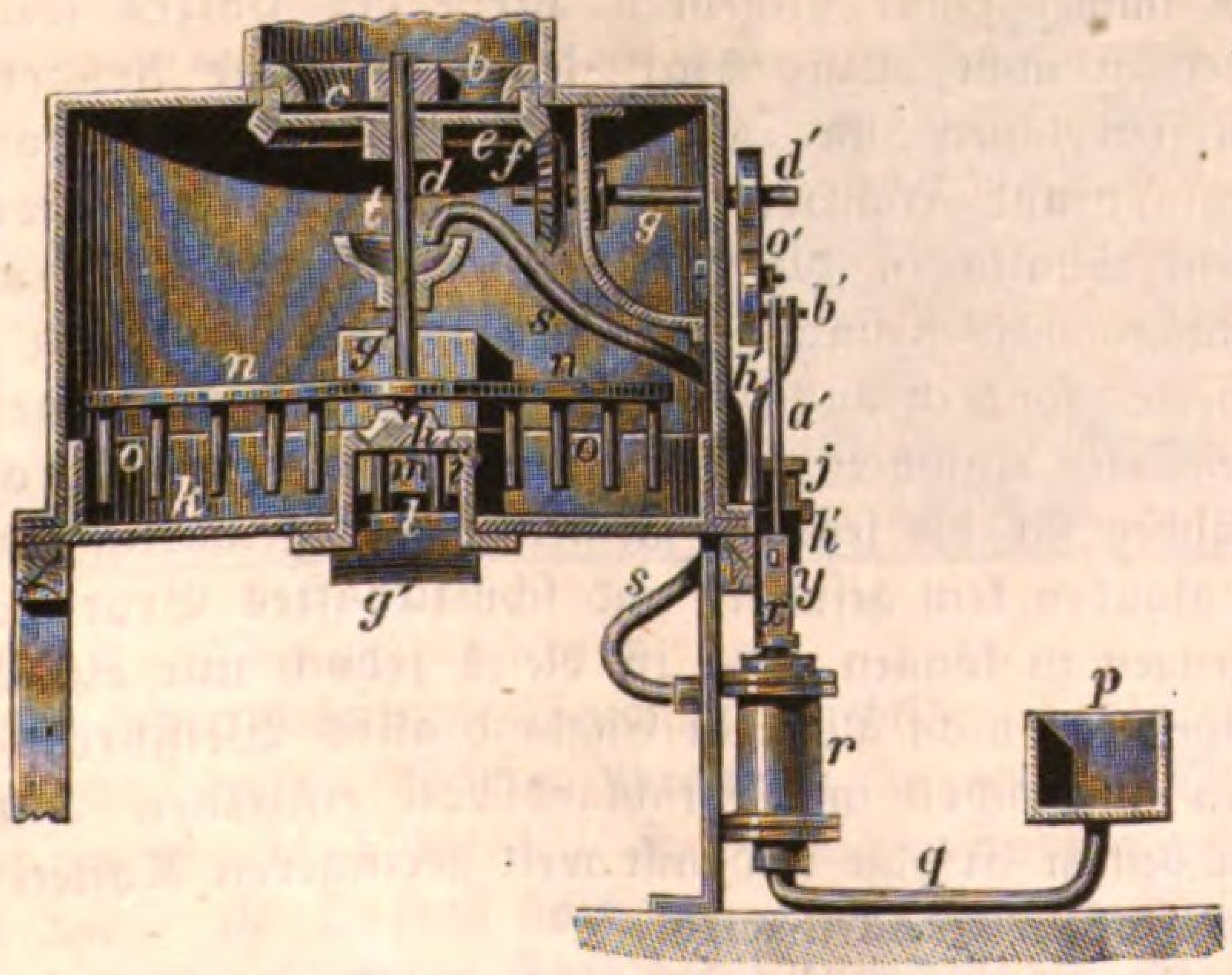
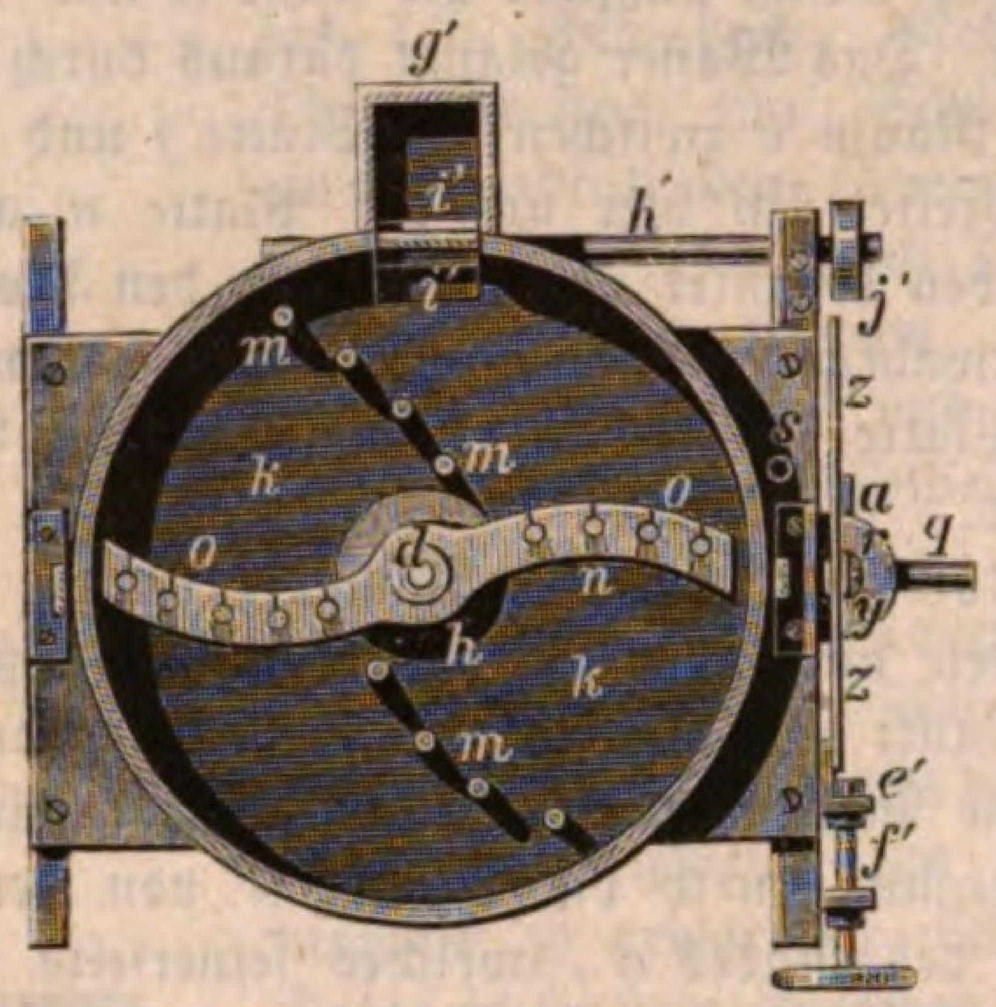


Fig. 328.



Durch einen Trichter gelangt das Mehl in den Behälter *b*, dessen Boden die Scheibe *c* bildet, welche auf der Achse *d* sitzt und sich mit derselben umdreht. Diese Scheibe ist am unteren Rande mit Zähnen *l* besetzt, in welche das conische Rad *f* eingreift, wodurch die Drehung von *c* und *d* bewirkt wird. Das Rad *f* sitzt auf der Achse *g*, welche die Bewegung direct von dem Motor empfängt. Die

Fig. 329.



Achse *d* steht in der Pfanne *h* und wird andererseits durch ein Halslager, welches an einem unten an *b* befestigten Querstück angebracht ist, gehalten. Die Scheibe *c* ist mit einer von der Mitte bis nahe an den Umfang sich erstreckenden radialen Spalte versehen und an der einen Seite dieser Spalte, an der oberen Seite der Scheibe, ist in schräger Richtung ein Messer oder Schaber angebracht, welcher verstellt werden kann, so daß seine Schneide mehr oder weniger hoch über der Scheibe *c* sich befindet. Wenn dieselbe rotirt und der Kasten *b* mit Mehl gefüllt ist, schabt das Messer bei jeder Umdrehung eine der Höhe, in welcher seine Schneide über der Scheibe *c* steht, entsprechende Quantität Mehl weg, welche durch die Spalte auf die geneigte Platte *j* fällt, die ebenfalls mit der Achse *d* verbunden ist und mit derselben sich dreht. Von der Platte *j* fällt das Mehl in den Trog *k* und zwar wird es wegen der Drehung der Platte *j* gleichmäßig in dem äußeren Theile des Troges ausgestreut. Der Behälter *b* erweitert sich etwas nach unten, weshalb das Mehl mit seinem ganzen Gewicht auf der Scheibe *c* ruht. Wenn daher das Mehl auch sich zusammenballt, so findet doch die Speisung regelmäßig Statt, da das Messer bei jeder Umdrehung eine gewisse Menge Mehl wegschabt, es durch die Spalte fallen läßt und das weiter nach oben liegende Mehl dabei in demselben Maße heruntersinkt.

Der Trog *k* hat die Gestalt eines niedrigen Cylinders, in der Mitte desselben ist die Oeffnung *l*, durch welche der fertige Teig herausfällt. Auf seinem Boden sind Klingen oder Stäbe *m* befestigt und zwar eine Reihe an jeder Seite des Loches *l*; die Stellung dieser Stäbe zeigt der Grundriß. Das Knetwerk ist an der Achse *d* befestigt, es besteht aus zwei horizontalen Armen *n*, die mit Klingen *o* besetzt sind, welche in dem Troge bis nahe an den Boden desselben hinabreichen. Diese Klingen haben eine solche Stellung, daß jede derselben, indem sie sich mit der Achse *d* umdreht, zwischen zwei Stäben *m* hindurchgeht. Sie bewirken nicht bloß die Mischung des Mehles mit den anderen Ingredienzien, also das Kneten des Teiges, sondern sie schieben denselben vermöge ihrer Stellung allmälig vom Umfange nach der Mitte des Troges, wo er dann zuletzt durch die Oeffnung herausfällt.

Gleichzeitig mit dem Mehle wird auch das Wasser in den Trog geleitet, wozu folgende Einrichtung dient. Das Wasser wird mittelst der Pumpe *r* durch die Röhre *q* aus dem Behälter *p* gezogen und in die Röhre *s* gedrückt, welche es in das schalenförmige Gefäß *t* gelangen läßt. Dieses Gefäß umgiebt die Achse *d* und ist mit ihr verbunden. Das Wasser gelangt daraus durch die Röhre *u* in den Raum *v* zwischen der Platte *j* und der Platte *w*. Es breitet sich hier auf der Platte *w* aus, fließt auf derselben herunter und gelangt in den Trog, welcher daher fortwährend und gleichmäßig an seinem Umfange von der Platte *j* mit Mehl und von *w* mit Wasser gespeist wird.

Die Kolbenstange *x* der Pumpe *r* ist mit dem Hebel *z* verbunden und zwar in solcher Weise, daß der Verbindungspunkt verändert werden kann. Der Hebel, durch welchen die Pumpe in Wirksamkeit gesetzt wird, erhält seine Bewegung durch die Stange *a'* von dem Kurbelzapfen *b'* des Rades *c'*, welches seinerseits durch das Rad *d'* auf der Achse *g* in Bewegung gesetzt wird. Der Hebel *z* hat seinen Drehpunkt an dem anderen Ende auf dem Blocke *e'*, welcher mittelst der Schraube *f'* verschoben werden kann. Dadurch läßt sich bewirken, daß der Abstand zwischen dem Drehungspunkte des Hebels und dem Verbindungspunkte zwischen dem Hebel und der Stange *x* vergrößert oder verkleinert wird, wodurch man es in seiner Gewalt hat, die Hubhöhe des Pumpenkolbens und somit die Quantität des in den Teig gelangenden Wassers zu reguliren.

Der Sauerteig, wenn man solchen anwendet, wird in den Trichter *g'* gebracht, welcher unten in den Trog ausmündet. An der Stelle, wo er mit demselben zusammenstößt, ist die Achse *h'* angebracht, welche vier in gleicher Entfernung von einander stehende Flügel *i'* hat. Indem die Achse *h'* gedreht wird, gelangt jedesmal eine Portion Sauerteig in den Raum zwischen zwei Flügel und diese Portion wird bei weiterer Drehung von *h'* in den Trog geschoben. Die Achse *h'* ist behufs ihrer Drehung an dem einen Ende mit einer Scheibe *j'* versehen, die vier Zähne hat; auf diese Zähne wirkt eine Stange, welche mit dem Kurbelzapfen *b'* verbunden ist, in der Art, daß jedesmal, wenn der Kurbelzapfen *b'* eine volle Umdrehung macht, ein Zahn vorwärts geschoben wird, mithin die Achse *h'* eine Viertelumdrehung macht. Die Flügel *i'* und die Zähne auf der Scheibe *j'* sind so gestellt, daß am Ende einer jeden Viertelumdrehung ein Flügel die Oeffnung in dem Boden, ein anderer die in der Seitenwand des Troges verschließt. Bei jedem Kolbenhub und bei jeder Umdrehung der Achse *d* wird eine gewisse Menge Sauerteig in den Trog gebracht, welche durch die Klingen nach und nach dem Teige eingeknetet wird.

Die Construction dieses Apparats ist jedenfalls sehr interessant, derselbe ist aber offenbar nur auf die Bereitung des Vorteiges berechnet, da die leichten Wände gewiß nicht zum Durchkneten des Hauptteiges genügen. Der hier gewonnene Vorteig wäre dann in einer anderen Maschine zum zweiten Male zu kneten.

Backöfen. Die Oefen zum Backen des Brotes bestehen in den meisten Fällen aus einer steinernen Sohle, welche mit einem mehr oder weniger flachen Gewölbe überspannt ist; vorn ist eine Oeffnung gelassen, welche zum Einbringen des Feuers und später des Teiges dient. Diese Construction findet sich bei dem in Pompeji ausgegrabenen Backofen, die Backöfen auf dem Lande haben meistens noch heute dieselbe Einrichtung. In der vorderen Oeffnung des Ofens wird aus Reisig und Holz ein Feuer angemacht und damit der Ofen bis zu der erforderlichen Temperatur erhitzt. Ist diese erreicht, so wird das Feuer herausgenommen, der Ofen so gut es eben gehen will von Kohlen und Asche gereinigt und das Brot unmittelbar auf die erhitzte Sohle gelegt. Diese muß einen solchen Temperaturgrad haben, daß eine kleine Menge zur Probe darauf geschüttetes Mehl gerade gebräunt, aber nicht verbrannt wird. Nach dem Ausbacken wird das Brot herausgenommen, der Ofen bleibt bis zum nächsten Backen, häufig acht oder vierzehn Tage, leer stehen. Es ist begreiflich, daß zu einem solchen Betriebe ein Aufwand von Brennmaterial erforderlich ist, der in keinem Verhältnisse zu der Leistung steht. Das ganze Mauerwerk des Ofens muß so weit erhitzt werden, daß es durch Leitung und Strahlung so viel Hitze abgiebt, als das Gebäck erfordert; die Wärme wird aber auch nur dann in genügendem Maße ausgestrahlt, wenn das Gewölbe weit über die dem Gebäck mitzutheilende Temperatur erhitzt ist. Nach beendigtem Backen hält der Ofen noch eine bedeutende Menge von Wärme zurück, die aber vollständig verschwendet wird.

Eine bedeutende Ersparung an Brennmaterial findet schon Statt, wenn der einmal geheizte Ofen nach dem ersten Gebäck durch ein kleines Feuer wieder auf die erforderliche Temperatur gebracht und dann zu einem zweiten Gebäck benutzt wird, wie es in den städtischen Bäckereien geschieht, wo wenigstens der Ofen nie zum völligen Erkalten kommt. An vielen Orten hat man auch dieses schon auf dem Lande eingeführt, indem ein der ganzen Gemeinde gehöriger Backofen eingerichtet und in demselben nach einander für Alle gebacken wird. Die Vortheile dieser Gemeinschaftlichkeit des Betriebes liegen zu sehr auf der Hand, um noch erwähnt zu werden, trotzdem findet sie nur spärlich Eingang und Viele bestehen immer noch darauf, ihr selbst gebackenes Brot essen zu wollen. Die immer höher steigenden Preise des Holzes werden sicher in nicht allzu ferner Zeit hierin eine Aenderung eintreten lassen, und man wird ebenso, wie es schon in England und Frankreich geschehen ist, überall da, wo es irgend thunlich ist, die Brotbereitung zu centralisiren gezwungen werden und nicht allein für Holzfeuerung verbesserte, sondern auch für Steinkohlenfeuerung eingerichtete Oefen einführen. Namentlich gegen die Steinkohlen sträuben sich bis jetzt die meisten Bäcker gewaltig, indem sie glauben kein gesundes und schmackhaftes Brot damit erzeugen zu können. Es ist dieses jedoch nur ein Vorurtheil, da nicht allein in England alles Weißbrot, sondern auch schon in Deutschland von einzelnen Bäckern mit bestem Erfolge und mit weit geringeren Kosten mit Steinkohlen gebacken wird.

Ein gegen die oben erwähnte Construction schon durch Anlage von Heizzügen über dem Gewölbe wesentlich verbesserter Ofen ist in Fig. 330 im Längendurchschnitt, in Fig. 331 im Querdurchschnitt und in Fig.

332 im Grundriß in der Höhe der Ofensohle mit dem dazu gehörigen Backhaus dargestellt. Auf einem Gewölbe liegt die Sohle des Ofens, welche aus einer wenigstens $\frac{1}{2}$ Fuß starken Backsteinlage und einer Schicht

Fig. 330.

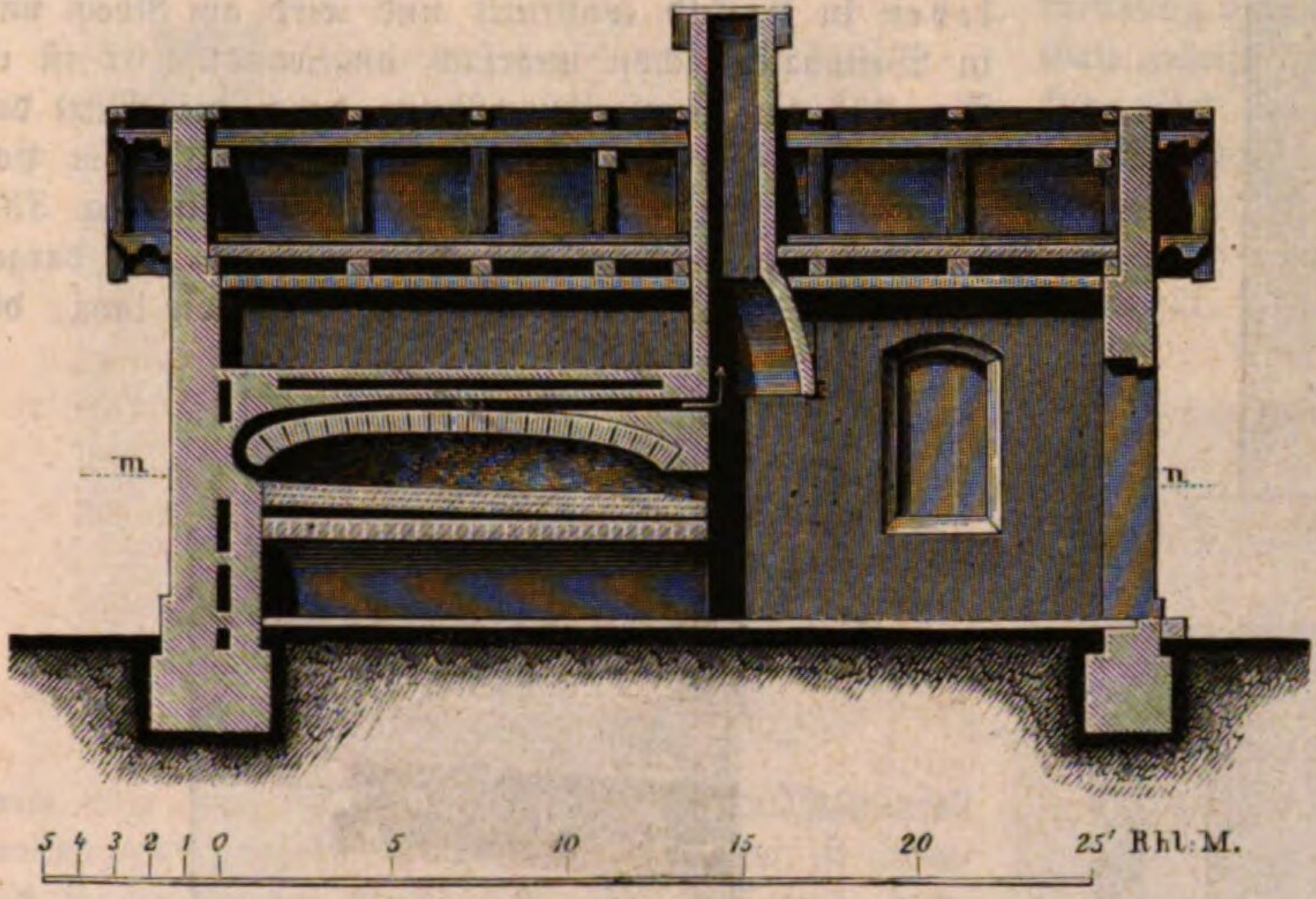


Fig. 331.

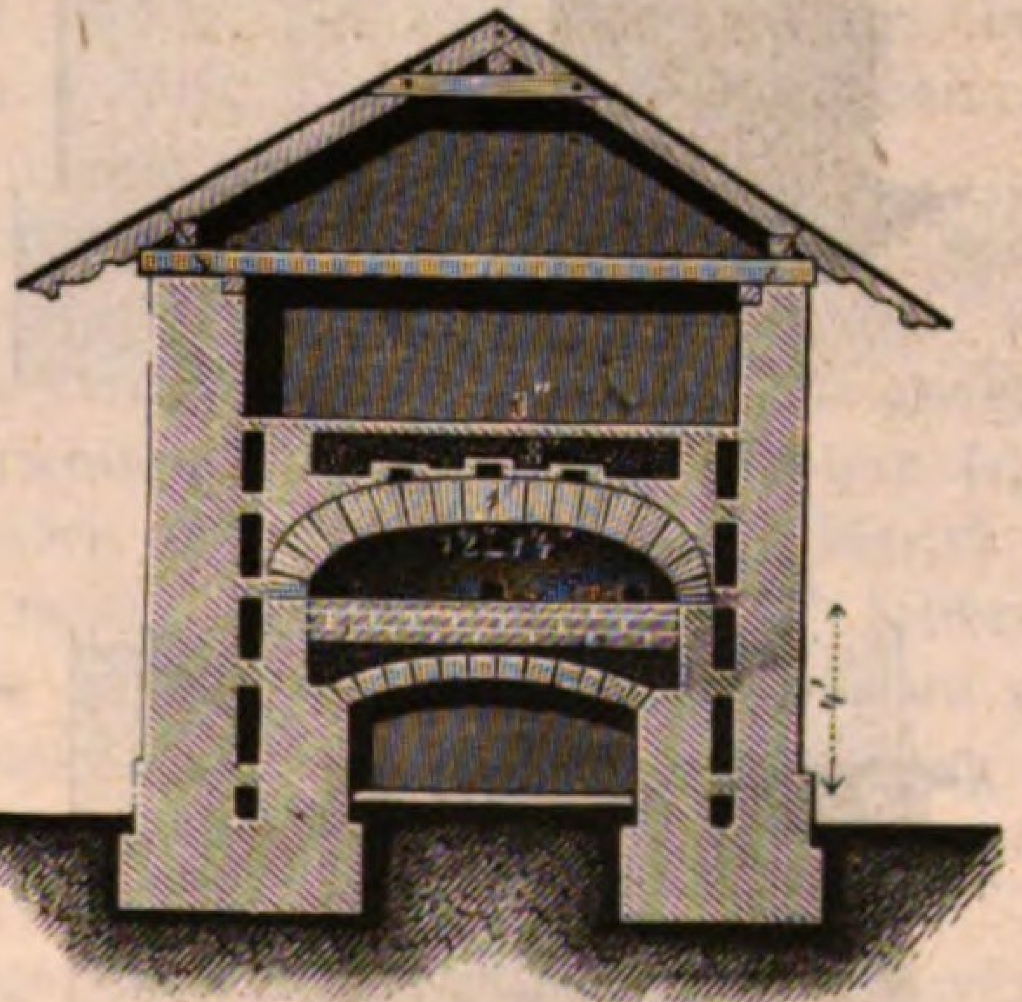
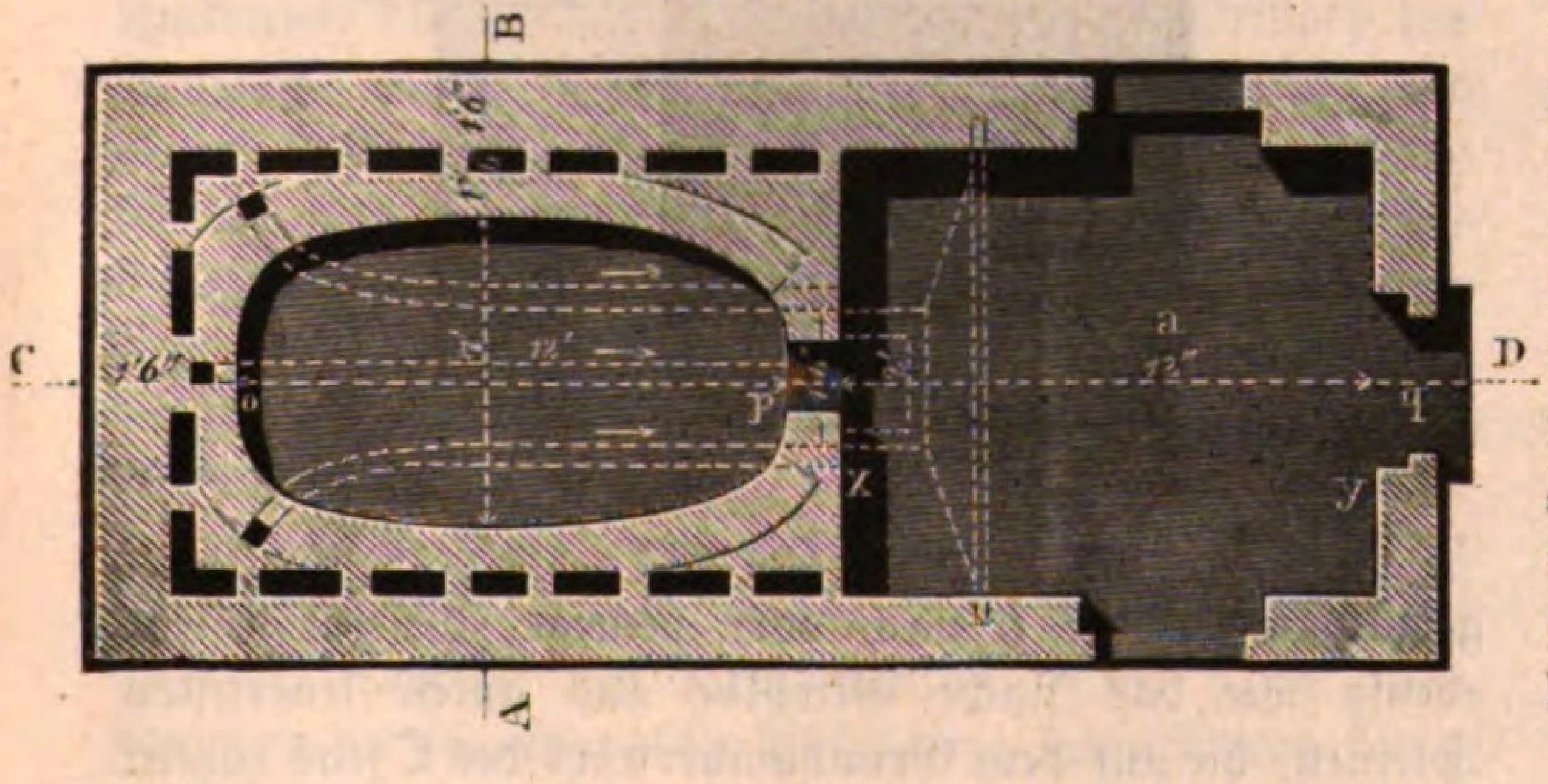


Fig. 332.



Fliesen oder größeren Thonplatten gebildet wird. Das Gewölbe, dessen höchster Punkt im Innern des Ofens nicht mehr als 1 bis $1\frac{1}{3}$ Fuß von der Sohle entfernt sein darf, ist 1 Fuß stark und aus guten Backsteinen gebaut. Am hinteren Ende des Ofens befinden sich drei Oeffnungen, welche in eben so vielen über dem Gewölbe liegenden Zügen von $\frac{2}{3}$ Fuß Seitenquerschnitt münden und den Zug des Ofens dadurch bedingen, daß der Rauch durch diese Oeffnungen und Züge über das Gewölbe fortgeführt wird und vorn an der Brustwand des Ofens unter einem Rauchfange ausströmt und von da ins Freie geleitet wird. Unter diesem Rauchfange liegt die Thür zum Eintragen des Teiges, sie ist $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß lang und 1 bis $1\frac{1}{3}$ Fuß hoch. Neben dieser Thür sind noch zwei Schürlöcher in einem quadratischen Querschnitt von 7 Zoll Weite, die durch Thüren geschlossen werden können. Zur Regulirung des Zuges und zur gänzlichen Absperrung desselben nach beendigter Heizung sind die drei Züge entweder mit Schiebern versehen oder vorn durch Klappen verschließbar. Die Sohle des Ofens ist von hinten nach vorn etwas geneigt, um sie gleichmäßiger zu erwärmen und um das Brot leichter herausnehmen zu können.

Bei der Construction des Ofens rechnet man für jedes Pfund Brot 0,2 Quadratfuß Bodenfläche, zum Ausbacken ist bei einem einzelnen Gebäck etwa auf 1 Pfd. Brot 1 Pfd. Holz erforderlich; bei continuirlichem Betriebe, bei dem der Ofen nicht erkaltet, etwa $\frac{1}{2}$ Pfd.

Das Wesentliche der Einrichtung ist bei allen gewöhnlichen Backöfen gleich, doch kommen manche Abänderungen vor. So findet man Sohlen von der verschiedensten Gestalt, auf der einen Seite der runden, auf der anderen Seite der länglich viereckigen sich nähernd.

Eine der einfachsten Einrichtungen zur Feuerung mit Steinkohlen, die man noch ab und zu in England findet, besteht darin, daß man in einen Ofen, der aber keine Züge hat, durch das Mundloch ein mit Steinkohlen gefülltes, mit einem Rost versehenes eisernes Becken schiebt, dessen unter dem Rost befindlicher Aschenkasten mit einem langen, bis zur Mündung des Ofens reichenden Rohr versehen ist. Die zum Verbrennen der Kohlen erforderliche Luft dringt von außen durch dieses Rohr unter den Rost. Ein das Mundloch sonst dicht verschließendes Blech hat zwei Oeffnungen; durch die eine geht das Luftrohr, durch die andere ein Rohr, welches mit dem Schornstein in Verbindung steht, so daß durch diesen die Luft durch die brennenden Kohlen gesogen wird. Durch Verschiebung des Beckens sucht man die Hitze so viel wie möglich gleichförmig zu vertheilen. Nachdem der Ofen die erforderliche Temperatur erlangt hat, nimmt man das das Mundloch verschließende Blech mit seinen beiden Röhren fort, zieht das Kohlenbecken heraus und backt wie gewöhnlich.

Die Manipulationen mit dem Becken sind immer beschwerlich und des Kohlendunstes wegen nicht angenehm, es ist daher die Anwendung eines Rostes und festliegenden Feuerheerdes jedenfalls als eine Verbesserung zu betrachten. Bei den englischen Oefen findet man dieses auf zwei verschiedene Weisen ausgeführt. Die Feuerung liegt entweder vorn in der Mitte des Ofens, unmittelbar vor dem Mundloch, vertieft unter der Sohle; oder es sind zwei Feuerungen zu beiden Seiten des

Mundlochs angebracht. Ersteres ist in Fig. 333 in vorderer Ansicht, in Fig. 334 im Längendurchschnitt und in Fig. 335 im Grundriß dargestellt. *a* ist die Sohle des Ofens, *b* das Mundloch, *c* die Feuerthür,

Fig. 333.

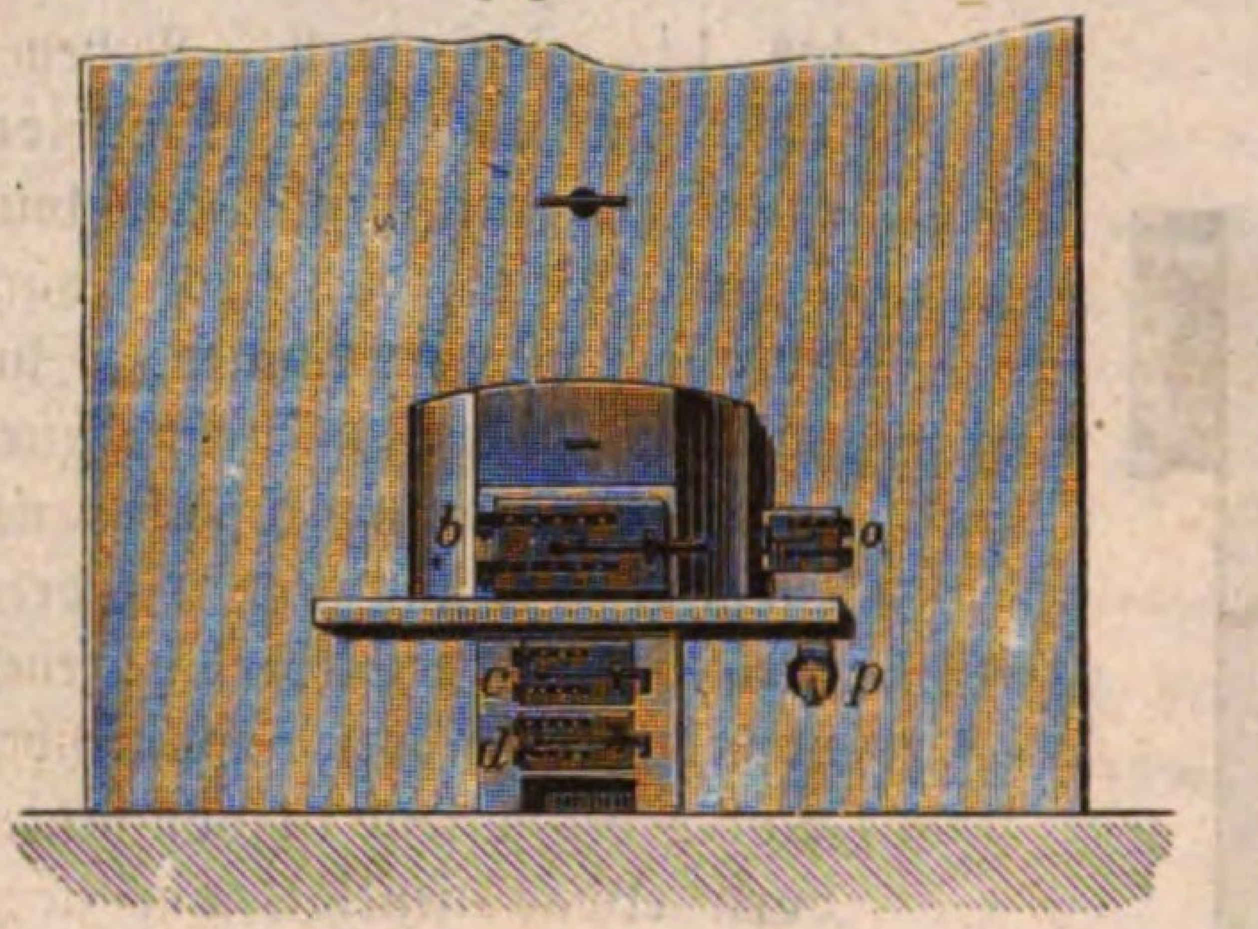


Fig. 334.

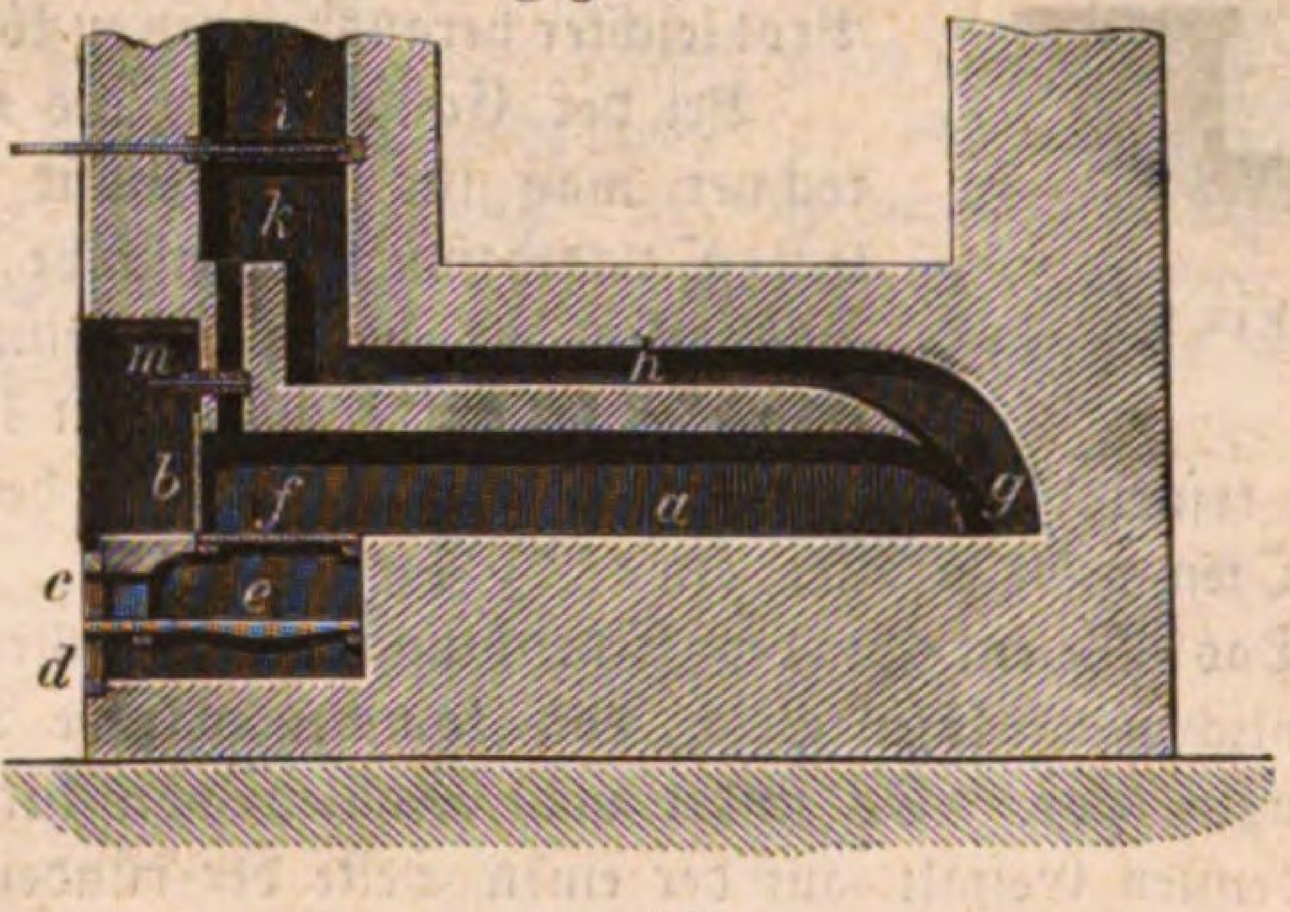
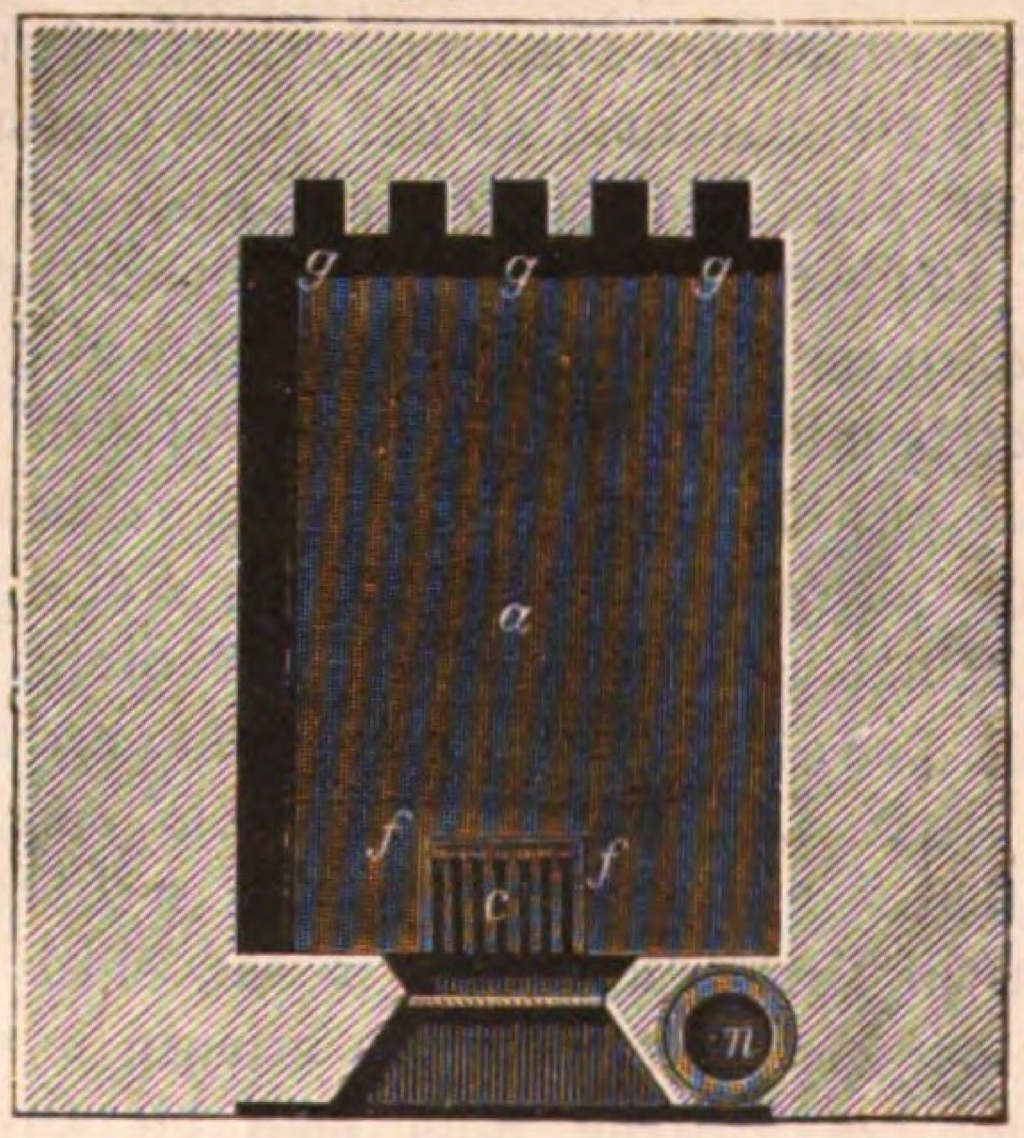


Fig. 335.



d das Aschenloch, *f* eine Oeffnung in der Sohle, durch welche die Flamme in den Ofen schlägt und denselben erwärmt und die nach beendigter Heizung mit einer eisernen Platte verschlossen werden kann; *g* sind fünf Oeffnungen an der Hinterwand des Ofens, durch welche die Verbrennungsproducte in eben so viele über dem Gewölbe liegende Züge *h* gehen und dann schließlich in den Schornstein *i* entweichen. Der Schieber *k* wird nach dem Heizen ganz geschlossen und dient außerdem zur Regulirung des Zuges der Feuerung. Unmittelbar über dem Mundloch liegt ein kleiner Zug *l*, der in den Schornstein mündet und nach beendigtem Backen, nachdem der Schieber *k* entsprechend geöffnet ist, den Wasserdampf aus dem Ofen in den Schornstein ableitet. Der Schieber *m* versperrt diesen Zug während des Anheizens. Ein Kessel *n*, der in das Mauerwerk des Ofens eingelassen ist und durch die Thür *o* verschlossen wird, dient zum Erwärmen des beim Kneten erforderlichen Wassers, der Hahn *p* zum Ablassen des warmen Wassers.

Ein Steinkohlenofen der zweiten Art ist von Wansleben in Crefeld construirt und wird am Rhein und in Westphalen schon mehrfach angewandt. Er ist in Fig. 336 im Verticaldurchschnitt durch die Mitte des Backraumes, nach der Linie *AB*, in Fig. 337 im Horizontaldurchschnitt nach der Linie *CDE*, in Fig. 338 im Verticaldurchschnitt nach der Linie *FGHI* dargestellt. Der Backraum *a* ist mehr breit wie lang, die

Fig. 336.

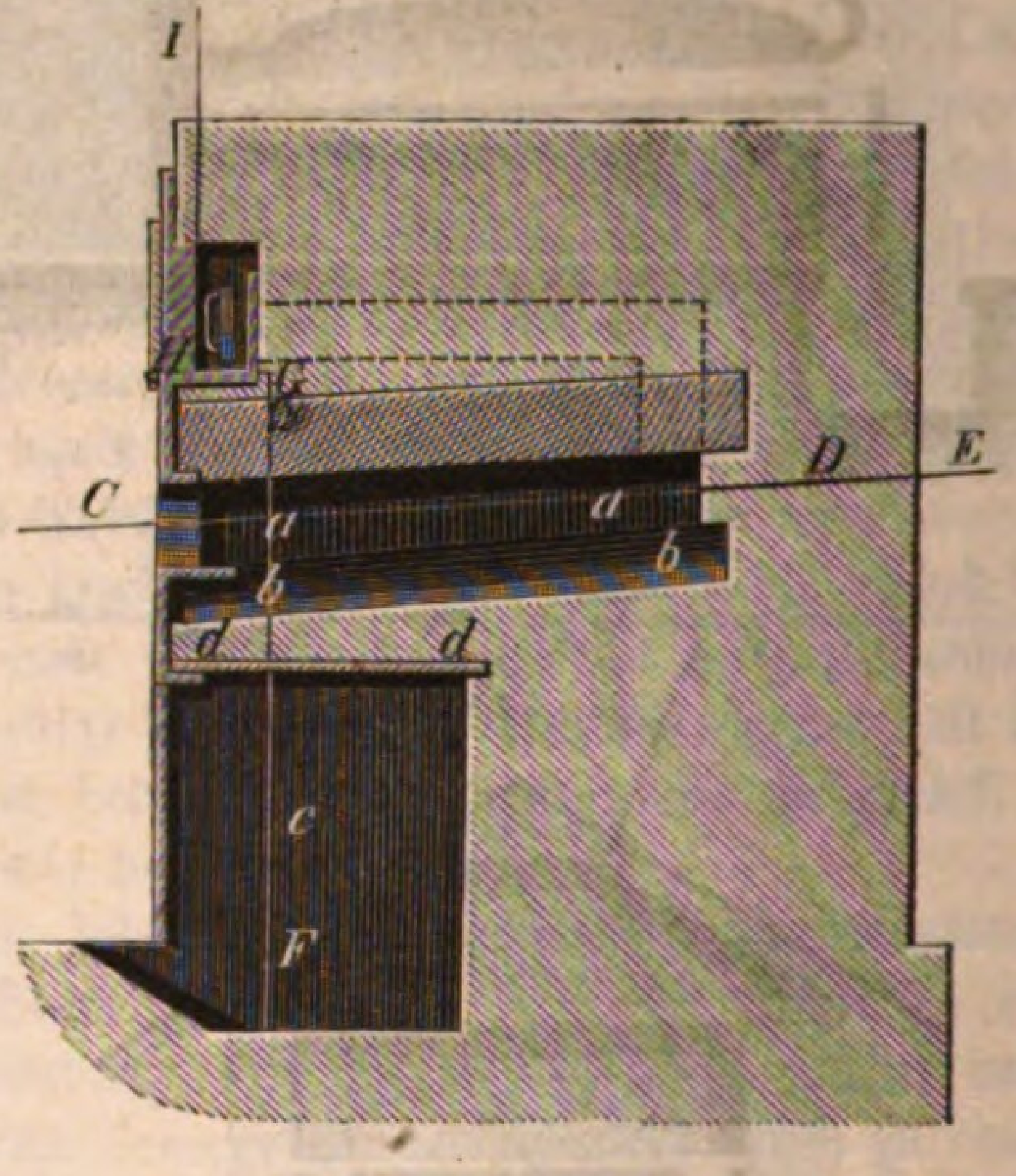
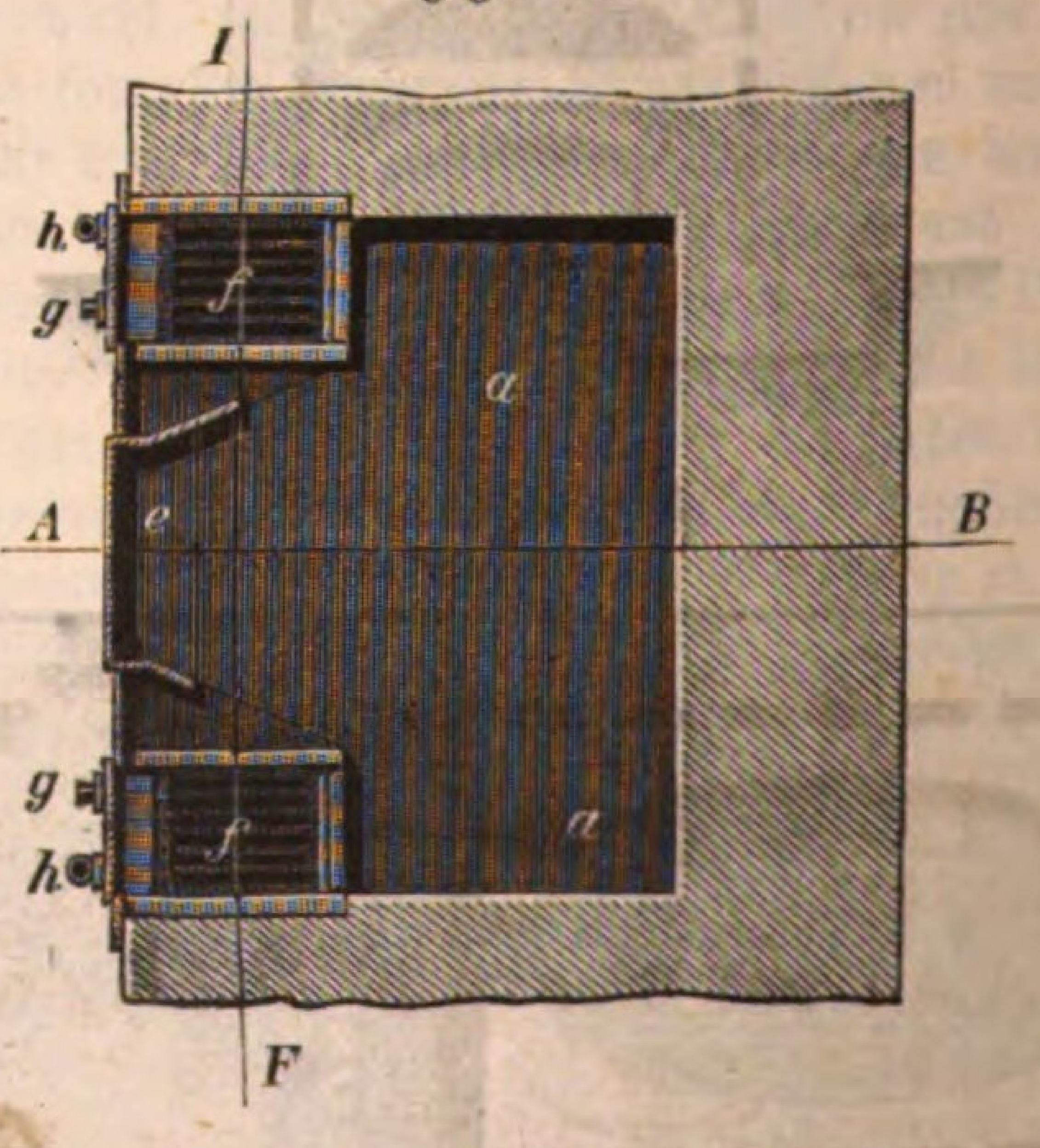


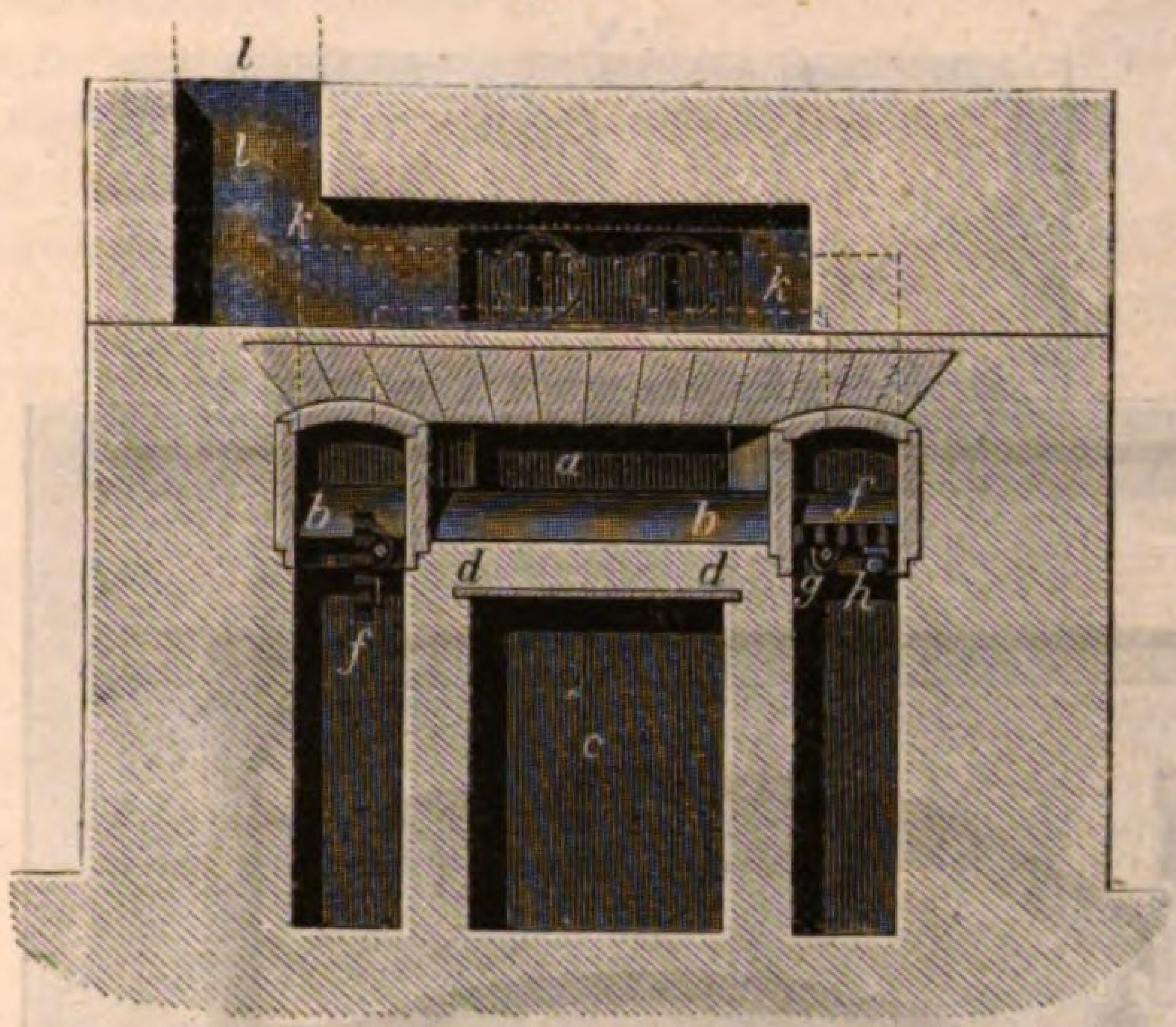
Fig. 337.



gemauerte Sohle *b* nach vorn geneigt, dieselbe besteht ebenso wie das flache Gewölbe aus guten feuerfesten Steinen, die auf dem Grundmauerwerk des Ofens ruhen. Unter der Sohle ist ein Behälter *c* für Kohlen angebracht, der durch die eiserne Platte *d* abgedeckt wird. Das Mundloch *e* wird durch eine eiserne, mit Charmottplatten gefütterte Thür verschlossen und nur beim Einschieben des Teiges und bei der Entleerung des Ofens geöffnet. Seitwärts von dem Mundloche liegen die beiden Feuerungen *ff*, deren Rosten in einem Stück gegossen sind. Die Rosten sind beweglich und zwar so,

daß sie sich um einen Zapfen g drehen, sobald der Stift h, welcher sie in horizontaler Lage erhält, aus dem Mauerwerk gezogen wird. In Fig. 338 ist der Rost der Feuerung an der rechten Seite des Ofens in nor-

Fig. 338.



maler Lage, der an der linken frei in den Aschenfall herabhängend gezeichnet. Diese Vorrichtung ist jedenfalls sehr zweckmäßig, da sie eine plötzliche Unterbrechung der Heizung, sobald der Ofen seine richtige Temperatur erlangt hat, mit größter Leichtigkeit gestattet, indem die Kohlen durch diese Drehung des Rostes sofort in den Aschenfall stürzen müssen.

Die Feuerungsräume, d. h. die Theile des Ofens, welche die Rosten umgeben und überdecken, sind aus Gußeisen gefertigt. Es ist dies Material gewählt, weil die vorkommenden Reparaturen schnell und leicht ausgeführt werden können, ohne daß der Betrieb dadurch gestört zu werden braucht. Ein ganzer solcher Feuerraum kann, ohne daß man den Ofen erkalten zu lassen braucht, bequem in 1 bis 2 Stunden eingesetzt werden, während die geringste Reparatur im Mauerwerk weit längere Zeit in Anspruch nimmt.

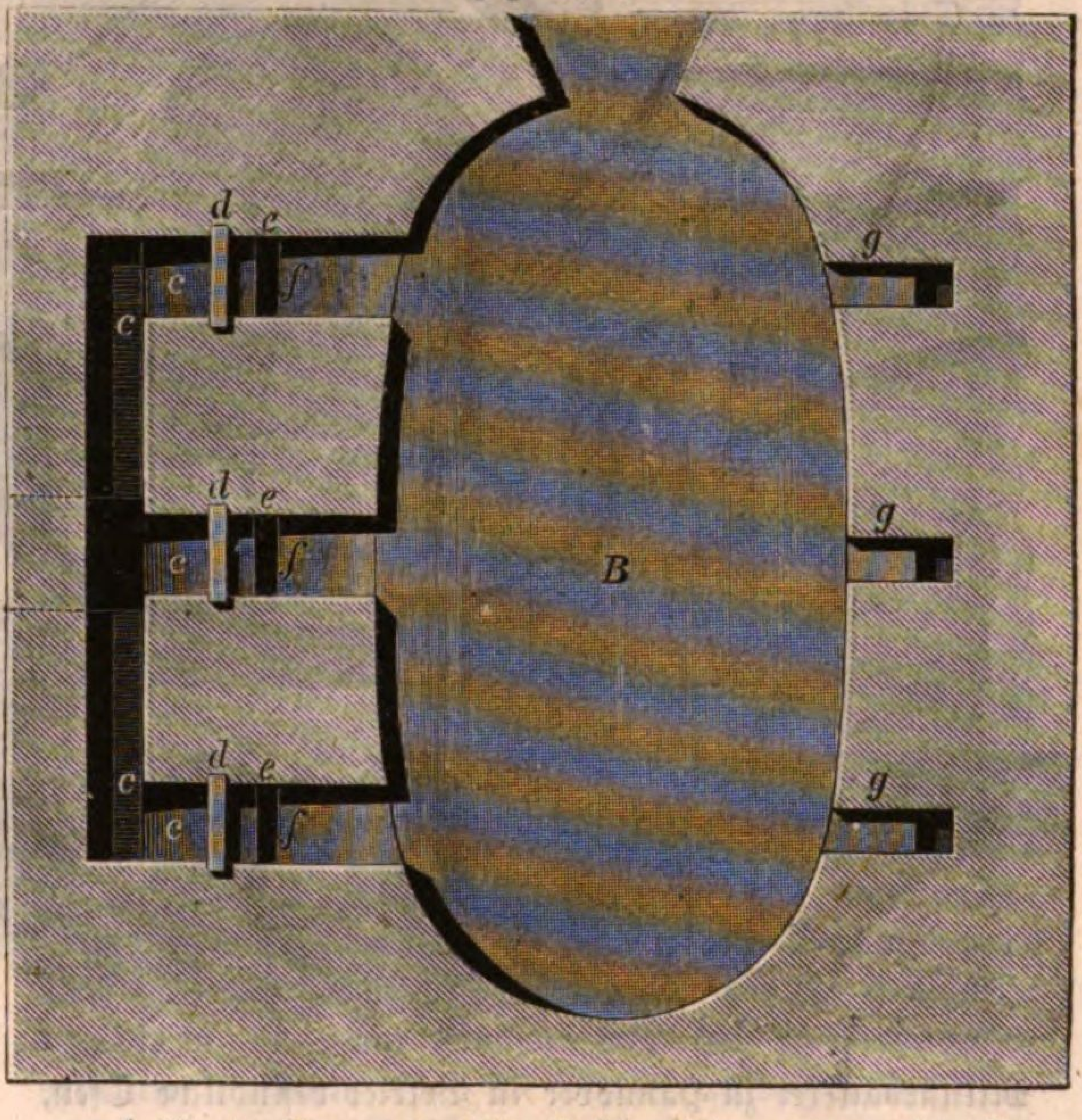
Das auf den Rosten brennende Feuer erstreckt sich durch den ganzen Backraum, gelangt dann durch die mit punktirten Linien angegebenen Züge, welche oberhalb des Gewölbes hinziehen, in den Fuchs k und entweicht aus diesem in den Schornstein l. Die Züge tragen an ihren Mündungen eiserne Ansätze, die durch Blechkapseln beliebig geschlossen werden können. Der nach dem Schornstein führende Zug ist an der Stelle, wo diese Kapseln liegen, mit einer durch eine Blechthür zugängigen eisernen Wandung versehen.

Die Aschenfälle unter den Rosten müssen durch dicht schließende Thüren verschlossen werden können, damit die Luft während des Backens nicht in den Ofen dringen und so eine zu rasche Abkühlung herbeiführen kann.

Nachdem der Ofen durch das auf den Rosten brennende Feuer gehörig vorgewärmt ist, wird das Feuer durch Umkippen der Rosten in den Aschenfall geworfen und von hier entfernt, worauf die Thüren sorgfältig gedichtet werden. Während der Zeit wird der im Ofen noch befindliche Rauch in den Schornstein gezogen sein, worauf dann die Züge durch die Blechkapseln verschlossen werden, um den Teig sofort einzuschießen.

Die größte Brennstoffersparniß findet wohl bei dem von Schinz angegebenen Ofen Statt. Seine Einrichtung ist auf einen großen fabrikmäßigen Betrieb von täglich 20,000 Pfd. Brot berechnet, wobei zugleich mit der Bäckerei eine Dampfmahlmühle verbunden ist. Hierzu sind vier einzelne Backöfen erforderlich, die durch Verbrennung von in einem besonderen Generator erzeugtem Gase geheizt werden. Die aus dem Ofen entweichende Hitze wird zum Erhitzen von Dampfkesseln, die zusammen eine Maschine von 16 Pferdekraft treiben, benutzt. Diese Vorrichtung ist in Fig. 339 im Horizontaldurchschnitt, in Fig. 340 im Querdurchschnitt eines Backraumes dargestellt.

Fig. 339.



A ist ein Generator für Kohlenklein, mit zwei pultförmig gegen einander geneigten Rosten; in der Zeichnung ist nur die die Rosten tragende Scheidemauer a und der Speiseschacht b, durch den die Kohlen eingefüllt werden, sichtbar.

ee sind zwei concentrische Röhren von Gußeisen oder Eisenblech, mit Oeffnungen zum Durchlassen der Luft, welche zur Verbrennung der aus dem Generator kommenden Gase dient; je nachdem die congruenten Oeffnungen in der Achse der concentrischen Röhren einander gleich, oder mehr oder weniger verrückt werden, wird der Zutritt der Luft zu dem Gase mehr oder weniger gestattet oder auch ganz verhindert werden. Da diese Röhren unter allen drei Gascanälen hindurchgehen, so wird das Verschieben der inneren Röhre zugleich für alle drei neben einander liegenden Gascanäle als Regulator dienen.

ff sind die Canalstücke, in denen die Verbrennung der Gase stattfindet, so daß die vollständig entwickelte Flamme aus denselben heraus in die Backöfen BB schlägt.

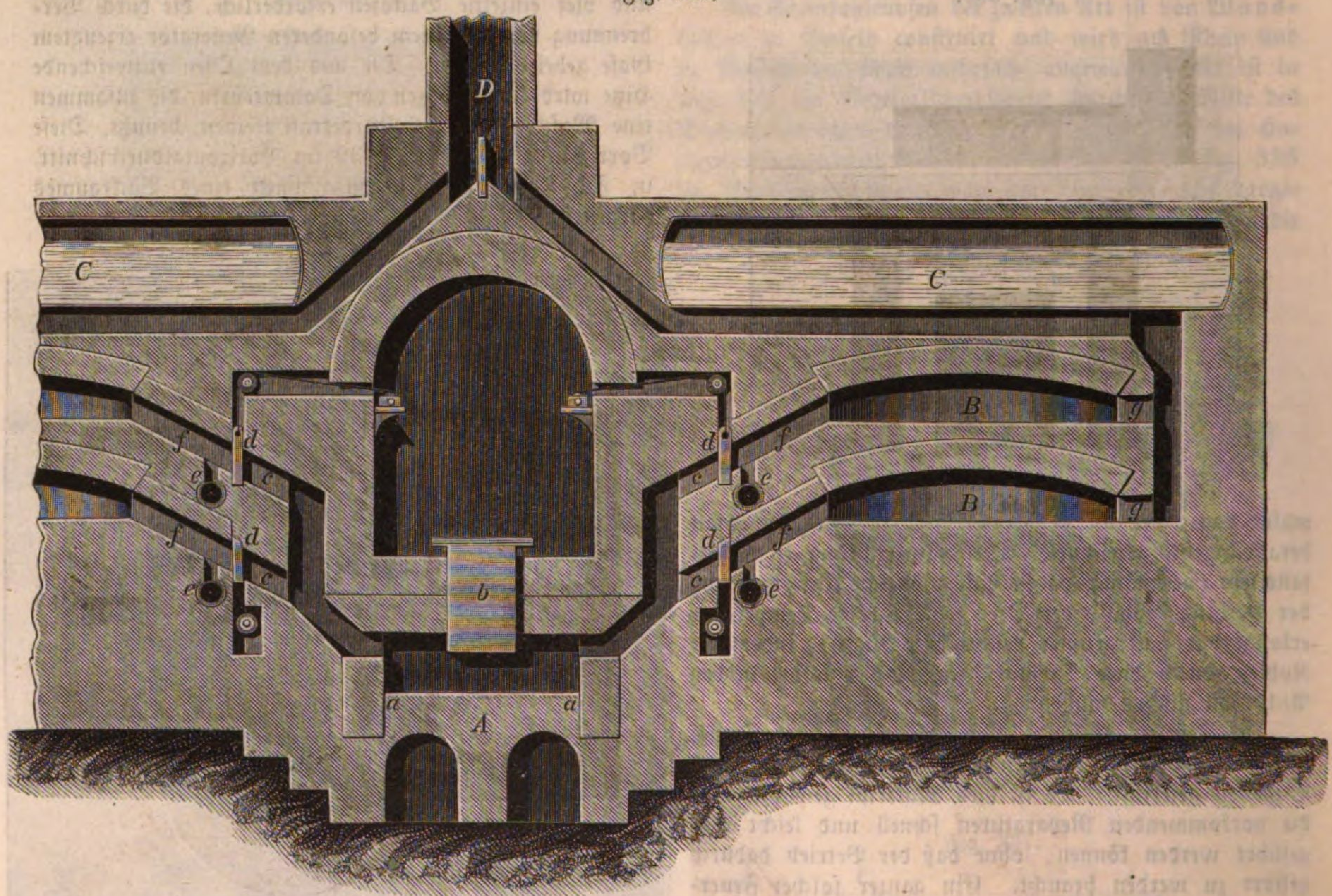
gg sind die Füchse, aus denen die Flamme aus den Backöfen herausschlägt; von diesen tritt die heiße Luft unter die Kessel CC und entweicht endlich in den Schornstein D.

Die Backräume sind 7 Fuß breit und 12 Fuß lang.

Sie müssen bei dieser Heizung selbstverständlich in continuirlichem Betriebe sein und werden nach einander geheizt.

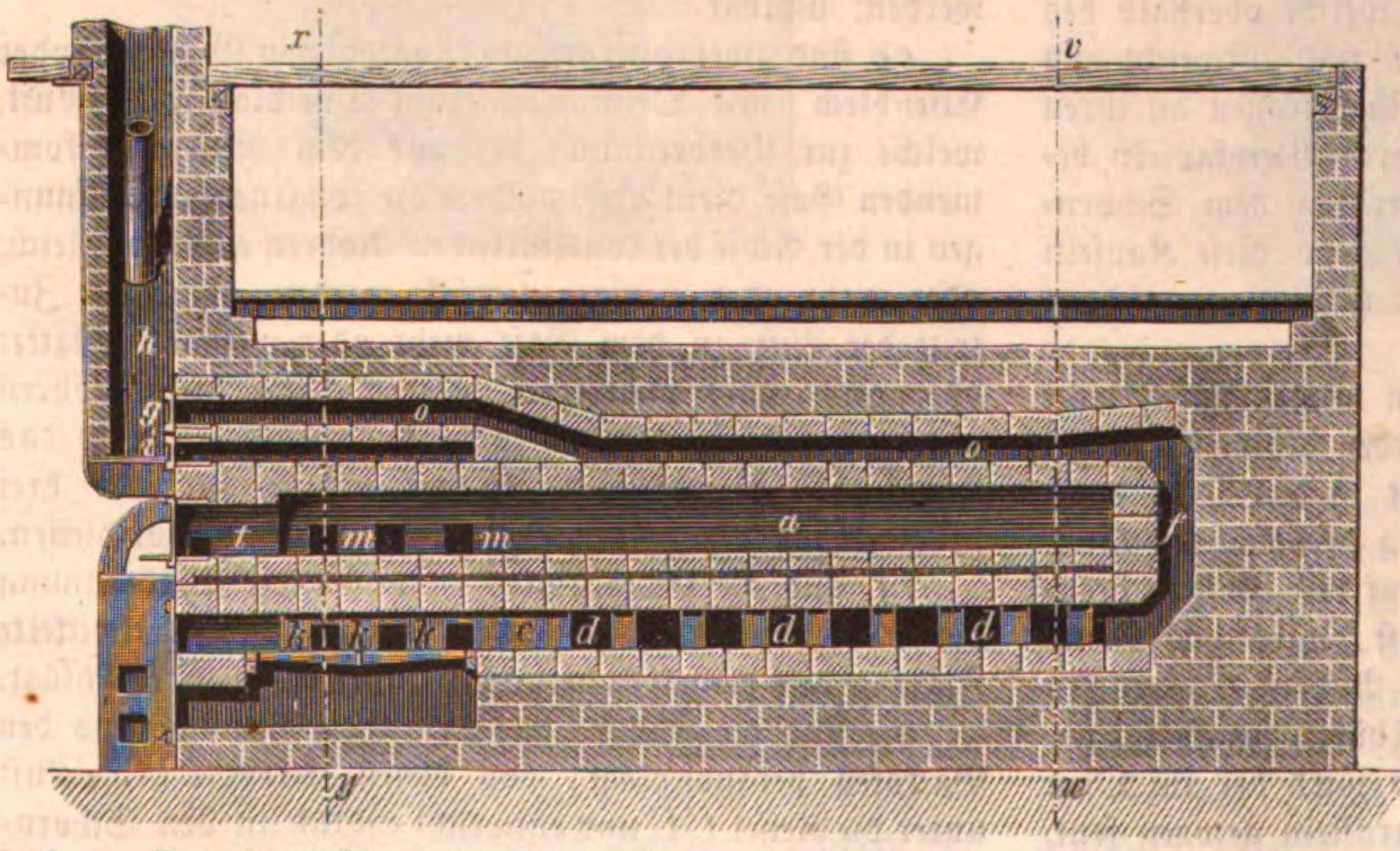
Die vorher beschriebenen Oefen haben mit dem alten Backofen das gemein, daß sie von innen geheizt werden. Andere Oefen stellen eine große Muffel dar, d. h. sie bilden einen ganz geschlossenen Raum, der von außen direct und durch eine Reihe von Zügen geheizt wird. Hierher gehört zunächst der seit langer Zeit in der

Fig. 340.



Militärbäckerei zu Hannover in Betrieb befindliche Ofen, der sich nicht nur für grobes, sondern auch für das feinste Gebäck eignet. Fig. 341 stellt diesen Ofen im verticalen Längendurchschnitt nach der Linie $t\,u$, Fig.

Fig. 341.



342 im Querdurchschnitt nach der Linie xy, Fig. 343 ebenfalls im Querschnitt, aber nach der Linie $v\,w$ dar.

a ist der Backraum, unter dem sich zwei Feuerungen befinden, die durch eiserne Roste von den darunter liegenden Aschenräumen getrennt sind. Die Feuerungen wie die Aschenräume sind mit eisernen Thüren versehen. b eine Luftröhre, welche nach hinten unter dem Fußboden des Backhauses hinläuft, auf dem Hofe ausmündet und dazu dient, die äußere kalte Luft dem Brennraum zuzuführen. Von den Feuerungen führen sechs Canäle c die Hitze unter der Sohle des Backraumes hin, doch sind diese Canäle durch Oeffnungen d in den Zungen mit einander in Verbindung gebracht, damit die Hitze sich gleichmäßiger unter dem Backraum vertheilt. Von den beiden äußeren der sechs Canäle gehen an jeder Seite neun Heizzüge e senkrecht in die Höhe, um die Seitenwände des Backraumes zu erhitzen; sie sind oben geschlossen und wirken nur durch stehende Hitze. Die sechs Heizcanäle steigen hinten bei f senkrecht in die Höhe und laufen von da

aus durch die Canäle o über dem Backraum her nach vorn. In dem vorderen Drittheile erheben sich diese Canäle und münden bei g in den Rauchfang h, wo sie durch eiserne Schieber geschlossen werden können.

Fig. 342.

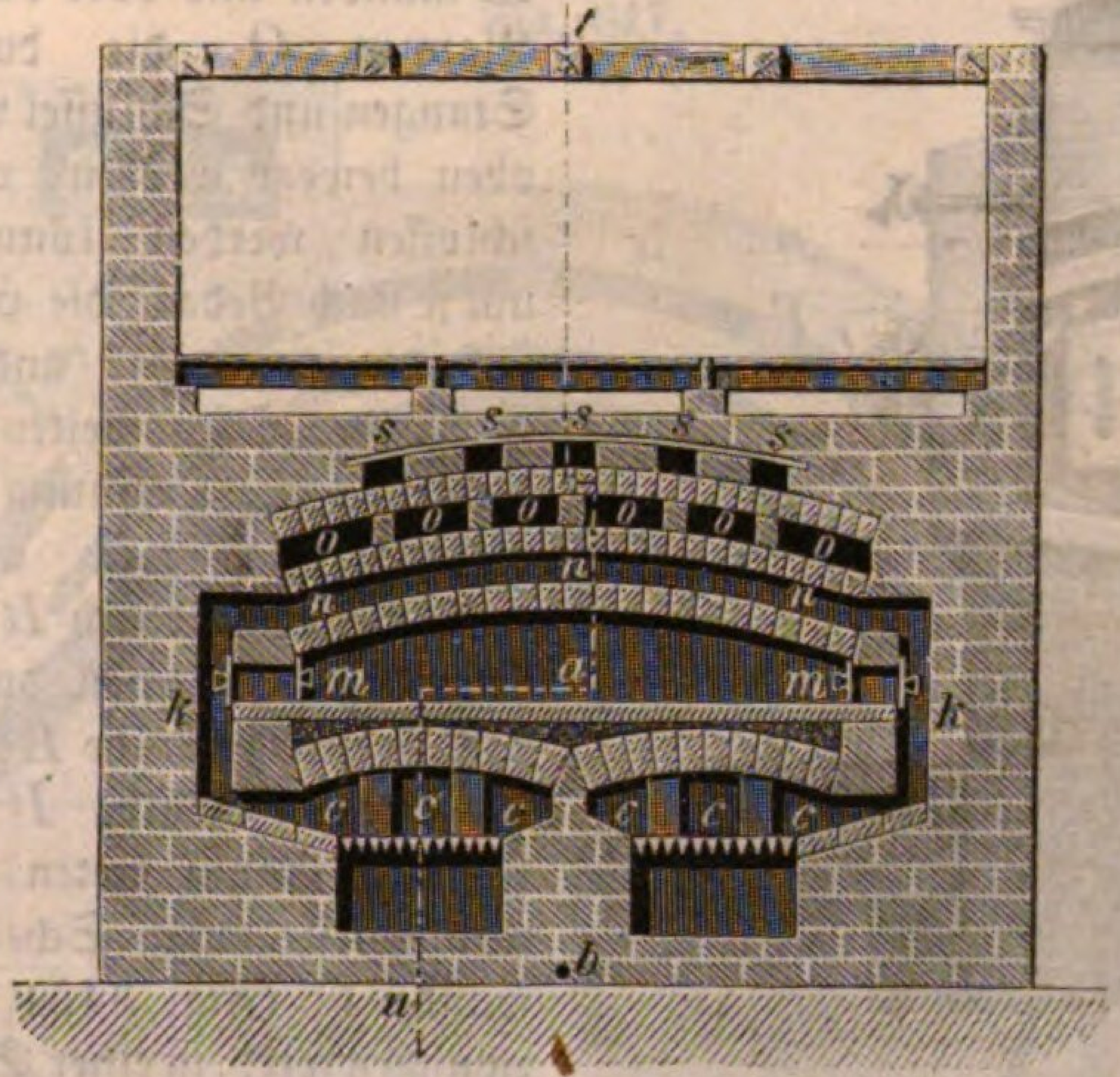
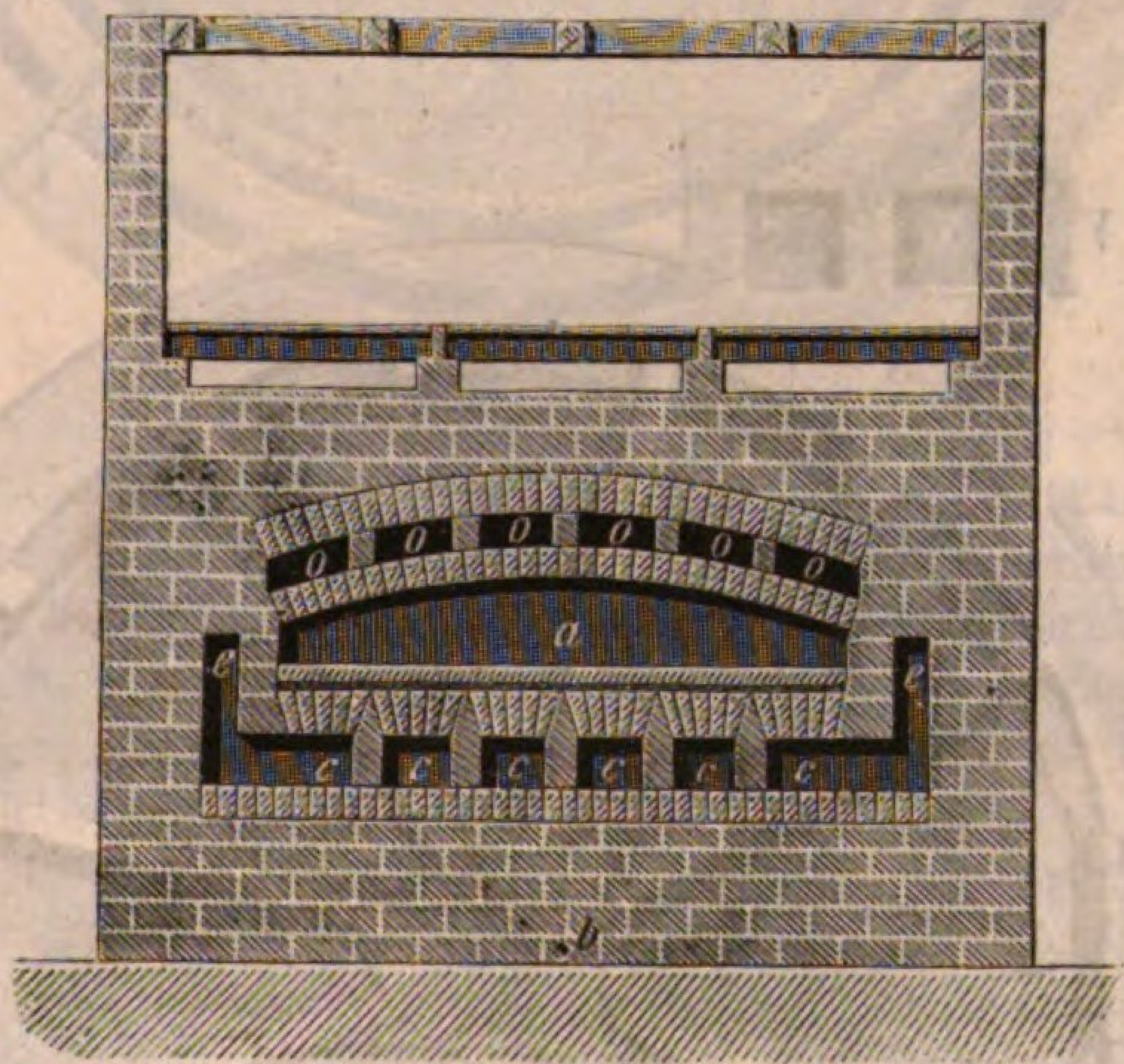


Fig. 343.



Von jeder der beiden Feuerungen gehen seitwärts drei Heizzüge k senkrecht in die Höhe und vereinigen sich, je drei an einer Seite, in einem Raume n, welcher sich zwischen dem Backraum und den Canälen o befindet und in der Mitte durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen getrennt ist, die bei i in den Rauchfang einmünden, woselbst sie durch eiserne Schieber geschlossen werden können. Der Zweck dieser Heizcanäle und des Raumes n besteht darin, dem Vorderofen die nöthige Oberhitze zu geben, weil die langen Heizcanäle o den Vorderofen nicht mehr hinlänglich erhitzen würden. Von den Canälen k führen seitwärts Oeffnungen m in den Backraum, welche mit doppelten Schiebern geschlossen sind und dazu dienen, um nöthigen Falls bei mangelnder Hitze einen Theil der Feuerluft in den Backraum strömen zu lassen. Natürlich dürfen diese Schieber nur geöffnet werden, wenn sich kein Brot im Ofen befindet.

Um den sich beim Backen entwickelnden Wasserdämpfen Abzug zu gestatten, erheben sich an fünf Stellen des Backraumes eiserne, in den Figuren nicht sichtbare Röhren, welche oben mit den fünf horizontalen Canälen s in Verbindung stehen, die über den Heizcanälen hinlaufen und vorn in den Rauchfang einmünden, wo sie durch eiserne Schieber beliebig geöffnet oder geschlossen werden können. Der Rauchfang selbst kann unten durch zwei horizontale Schieber verschlossen werden, um während des Feuerns einen stärkeren Zug zu veranlassen.

Ueber die Gewölbe der beiden Feuerungen und der sechs Heizcanäle ist ein zwei Zoll dicker Lehmschlag gebracht und auf diesem liegen die $2\frac{1}{2}$ Zoll starken Backofensteine. Damit während des Ein- und Umsetzens der Bröte der Backraum möglichst wenig erkalte, ist inwendig an jeder Seite des Mundloches eine Oeffnung t angebracht, die mit dem Heizraum in Verbindung steht und dazu dient, die aus dem Ofen entweichende Hitze möglichst zu ersetzen. Das Mundloch wird mittelst eines mit Handgriffen versehenen Vorsetzeisens, welches sich in einem Rahmen schieben läßt, verschlossen.

Der Backraum ist 18 Fuß lang, $9\frac{1}{4}$ Fuß breit und faßt 300 Bröte von $7\frac{1}{2}$ Pfd. Zu jedem Gebäck sind 4 Cubikfuß Steinkohlen erforderlich. Bei continuirlichem Betriebe, mit vier Operationen täglich, erfordert der Ofen aber nur 10 Cubikfuß Kohlen, so daß die Heizungskosten verschwindend klein werden.

Ebenfalls zu den Muffelöfen gehört der in mehreren französischen Bäckereien eingeführte Ofen von Corville, der in den Fig. 344 bis 348 dargestellt ist. Fig. 344 ist ein senkrechter Durchschnitt des Ofens nach der Linie AB in Fig. 345. Fig. 345 Grundriß nach der Linie CD Fig. 344. Fig. 346 horizontaler Durchschnitt nach der Linie EF. Fig. 347 Grundriß der Ofensohle in der Höhe der Linie GH. Fig. 348 Horizontaldurchschnitt nach der Linie IK. Der Backraum besteht aus einer kreisförmigen Muffel, unter der die Feuerstelle angebracht ist. Die Flamme und die Verbrennungsproducte umgeben rings die Muffel, gelangen dann zunächst in ein Gewölbe über dem Backraum, welches durch radienförmige Querwände in acht Räume getheilt ist und von dort in ein unmittelbar darüberliegendes Gewölbe, in welchem sie durch einen spiralförmigen Zug gehen und endlich erst in den Schornstein entweichen.

A Mauerwerk des Ofens, welches mit einem Mantel aus starkem Eisenblech umgeben ist. B Rost. C Aschenfall. D Mundloch des Backraumes E. F Sohle des Ofens; sie besteht aus großen und starken Thonplatten, die auf einer Sandschicht ruhen; letztere liegt auf einem Boden von Ziegelsteinen, die von vier starken Säulen von Thon HH und funfzig eben solchen, aber schwächeren Säulen II getragen wird. Unmittelbar über der Feuerstelle ist die Muffel durch starke von den Säulen HH getragene Platten vor dem unmittelbaren Anprall der Hitze geschützt. J ist das die Muffel überspannende Gewölbe. K ein ringförmiger Canal im Innern der Umfassungswand der Muffel, er wird durch hohle Ziegel gebildet, die so aneinandergesetzt werden, daß sie einen ringförmigen Raum von länglich viereckigem Querschnitt frei lassen. K' ein zweiter weiterer Canal, der zwischen der Umfassungswand der Muffel und dem Mauerwerk des Ofens liegt, er verbreitet den Rauch und die Flamme rings um die Muffel und leitet sie in den Raum, wel-

cher durch das Gewölbe der Muffel und das zweite Gewölbe L begrenzt wird. Dieser Raum, der in Fig. 346 dargestellt ist, ist von seinem Umfange nach der Mitte zu durch sieben radienförmige Scheidewände N in acht Räume getheilt, die sämmtlich in der Mitte in eine kreisförmige Oeffnung M münden und dort durch Klappen O, die durch Stangen und Schlüssel von oben bewegt werden, verschlossen werden können, um je nach Bedarf die Hitze auf die eine oder andere Stelle des Ofens leiten zu können. Die Oeffnung M verjüngt sich nach oben und läßt dann durch R die heiße Luft in einen durch das zweite Gewölbe L und das dritte Gewölbe P gebildeten Raum treten, in welchem sie durch Scheidewände Q (Fig. 345) gezwungen wird, in einer Spirale den ganzen Raum zu

Fig. 344.

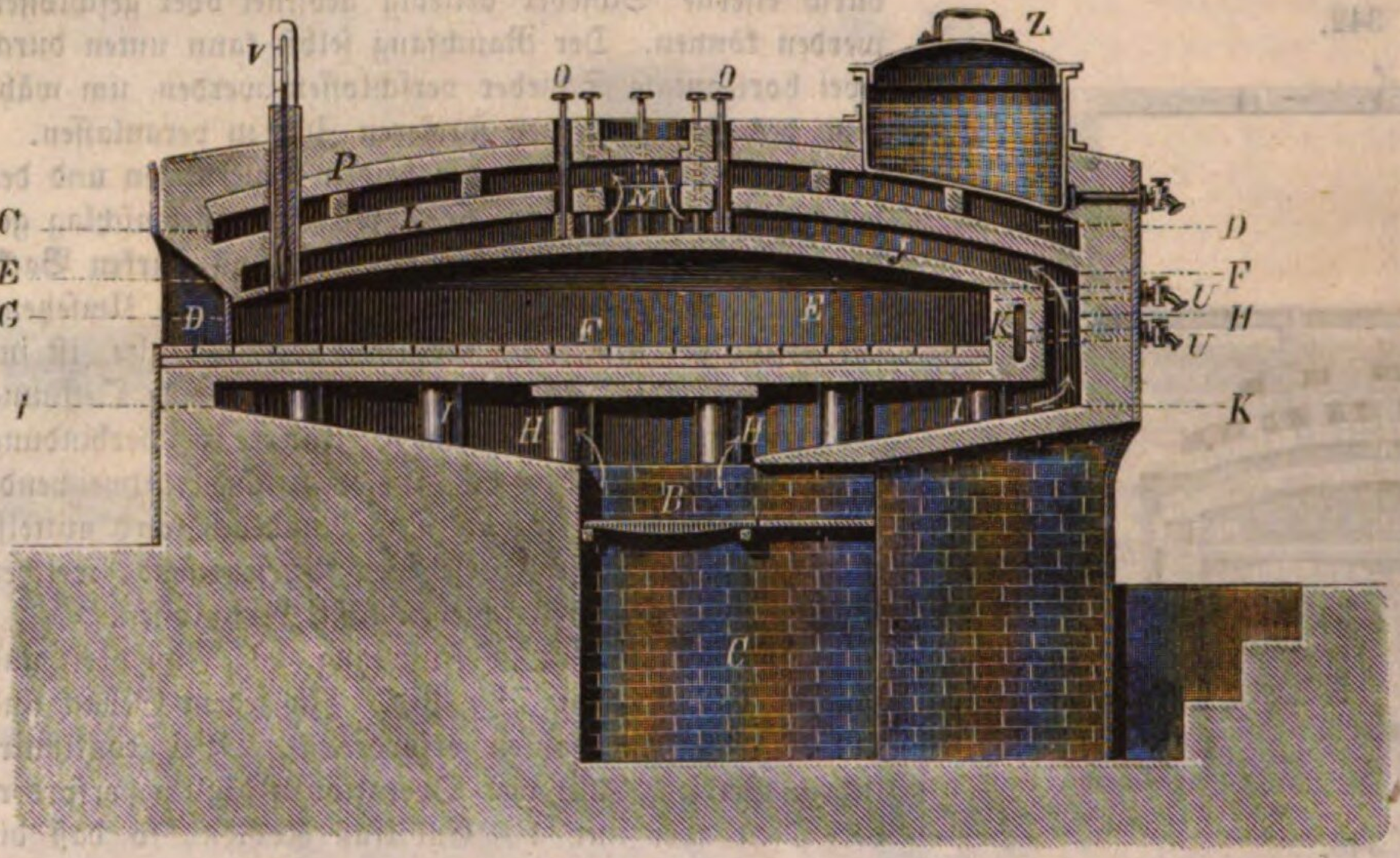


Fig. 345.

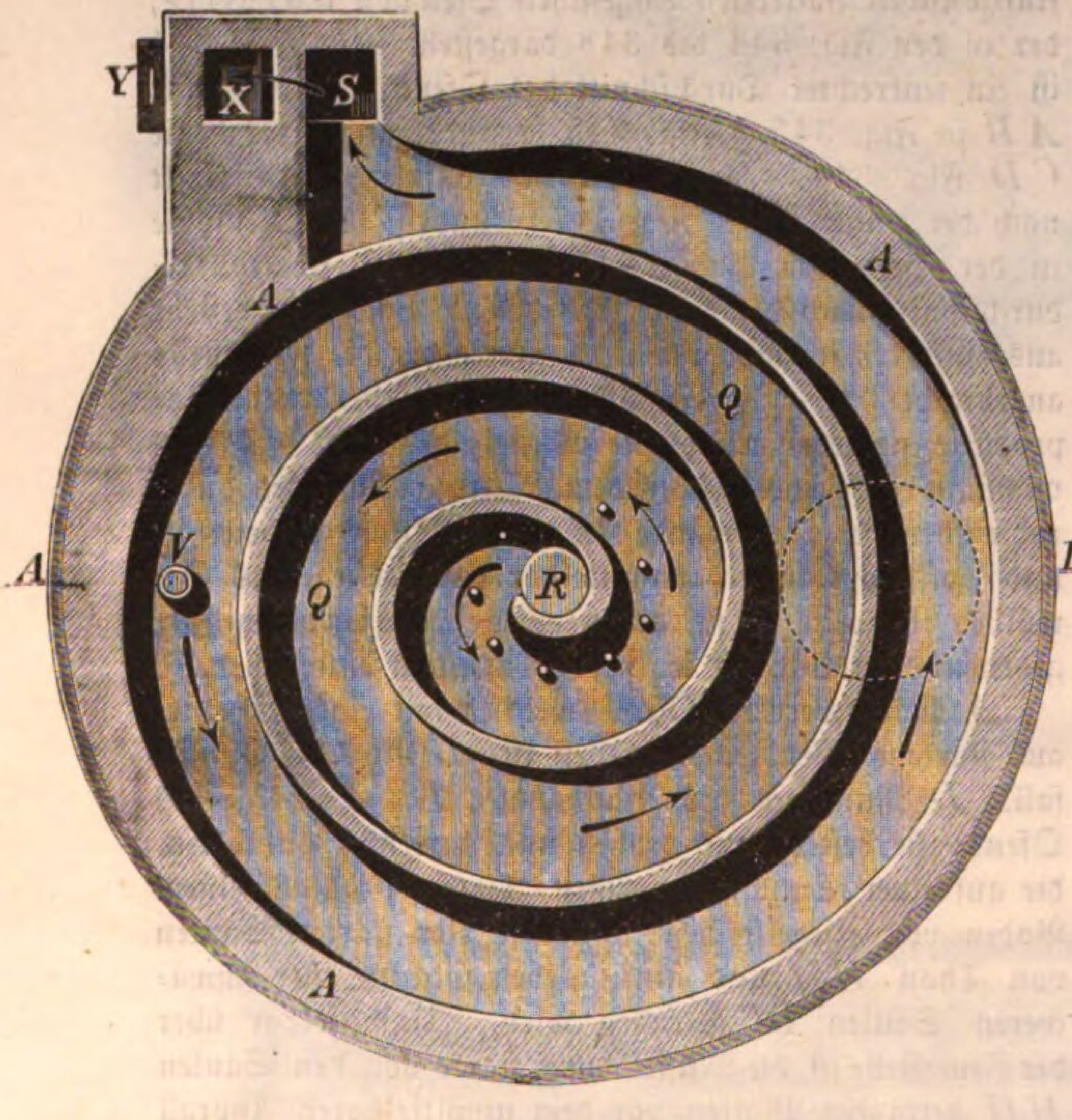
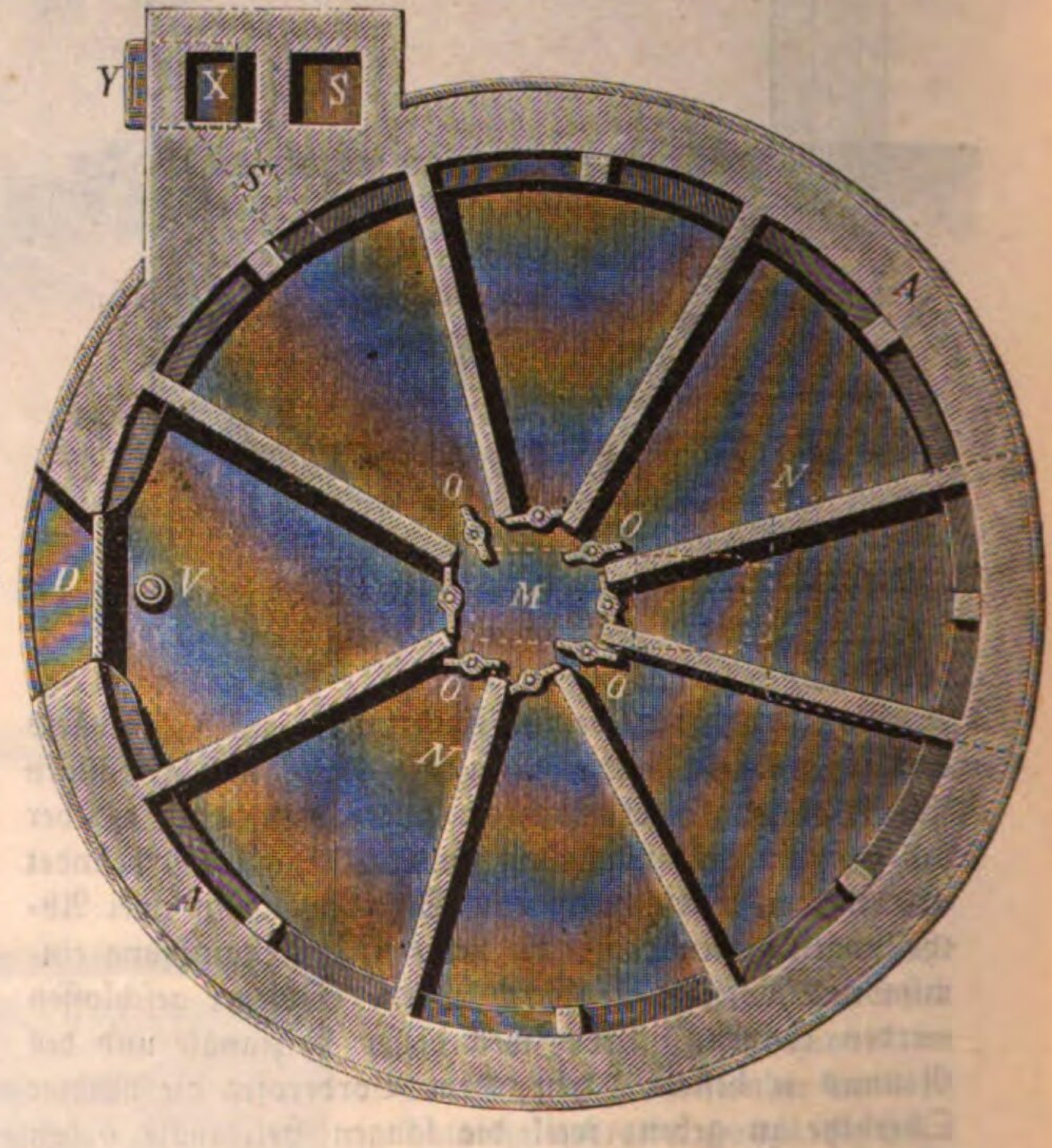


Fig. 346.

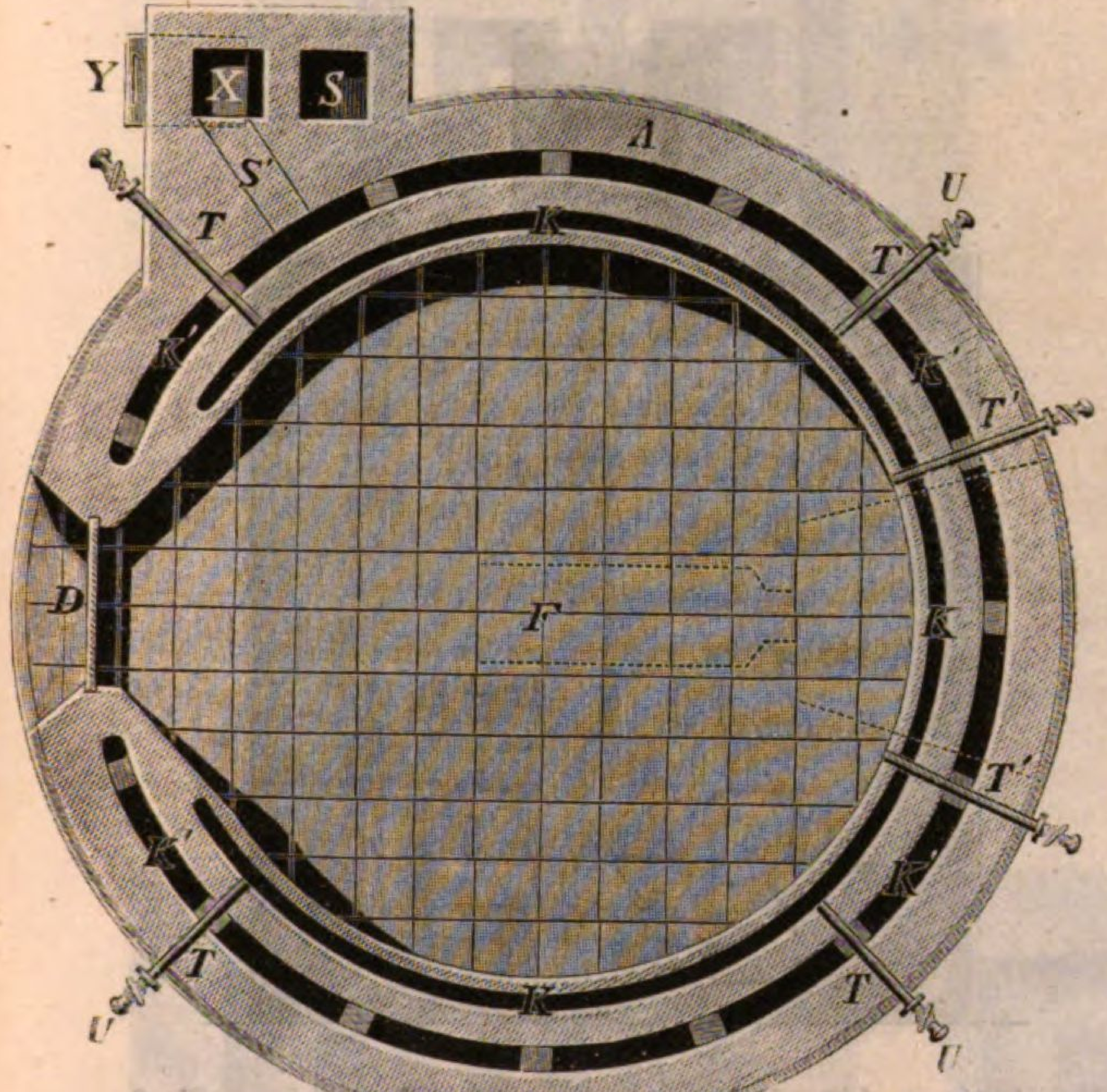


durchlaufen, ehe sie durch den Zug S in einen großen, mehreren Oefen gemeinschaftlichen Schornstein entweichen kann. Um Anfangs beim Anheizen des Ofens einen möglichst starken Zug hervorbringen zu können, steht der Feuerraum unmittelbar durch den Zug S' (Fig. 347 u. 348) mit dem Schornstein X in Verbindung; sobald das Feuer zum lebhaften Brennen gekommen ist, werden die Schieber A' und Y geschlossen und dadurch die Verbindung mit diesem Schornstein aufgehoben, so daß die Flamme gezwungen wird, ihren Weg um die Muffel und durch die Züge zu nehmen.

$T\,T$ sind vier eiserne Röhren, die mit dem im Mauerwerk der Muffel gebildeten Canale K in Verbindung stehen, $T'\,T'$ zwei eben solche Röhren, vom Innern des Backraumes ausgehend und dem Mundloch gegenüberliegend. Sie sind sämmtlich mit Hähnen U versehen und dienen dazu, durch Oeffnen dieser Hähne warme Luft aus dem Canale und aus dem Backraume bei einer

etwaigen Ueberhitzung ausströmen zu lassen. *V* ist ein mit Asbest umwickeltes Quecksilberthermometer, welches in einer Röhre in dem Backraume, unmittelbar unter dem Mundloch der Muffel, steckt. *Z* ein Kessel zum Erwärmen des Wassers.

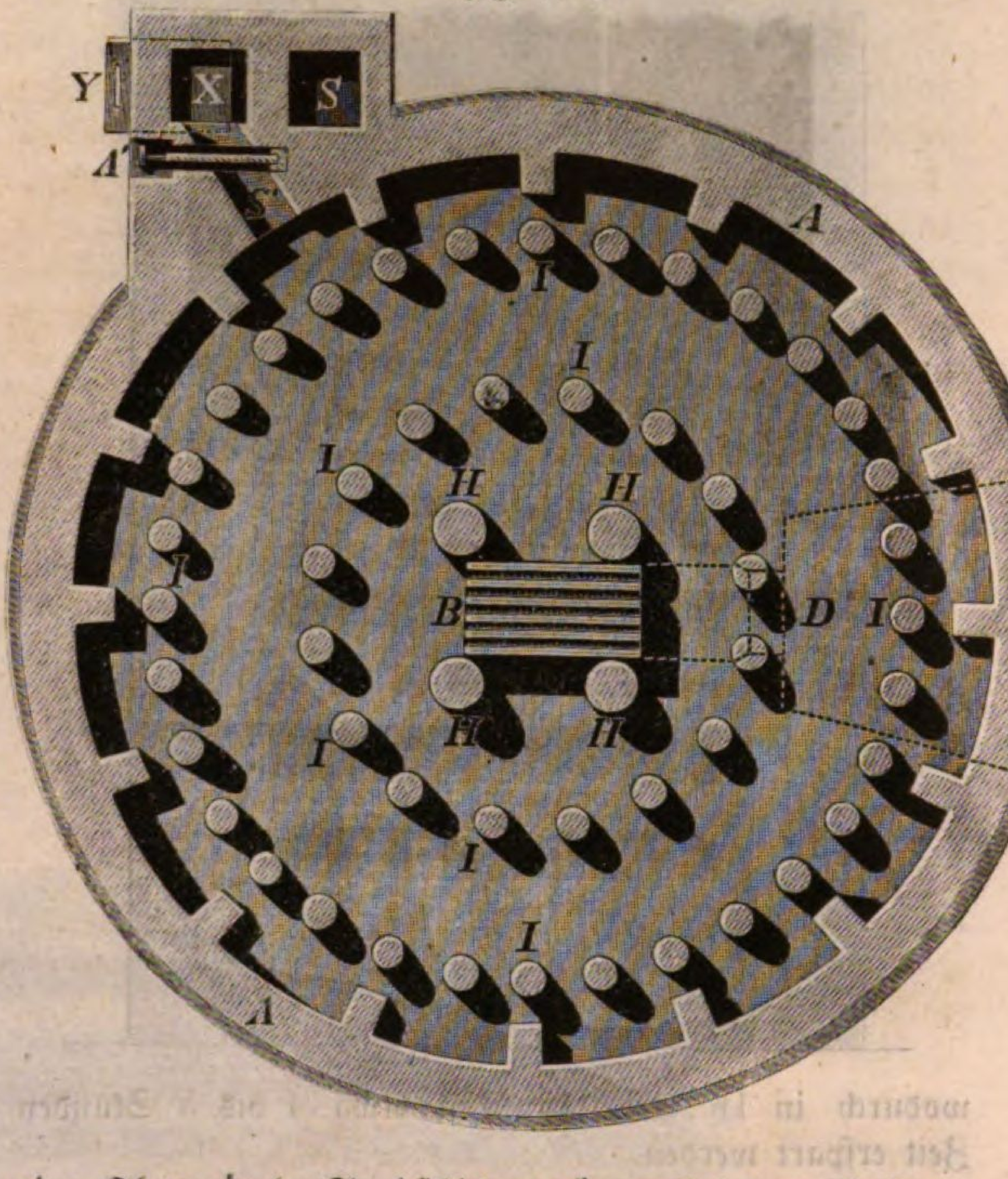
Fig. 347.



Ein solcher Ofen, mit einer Sohle von 3,8 Meter ($5^3/_4$ Fuß rheinl.) Durchmesser kostet 800 Thaler. Ein Gebäck von 2000 Pfd. Brot erfordert darin für 2,5 Franken Steinkohlen.

Ein anderer Muffelofen ist vom Bäckermeister Essen

Fig. 348.

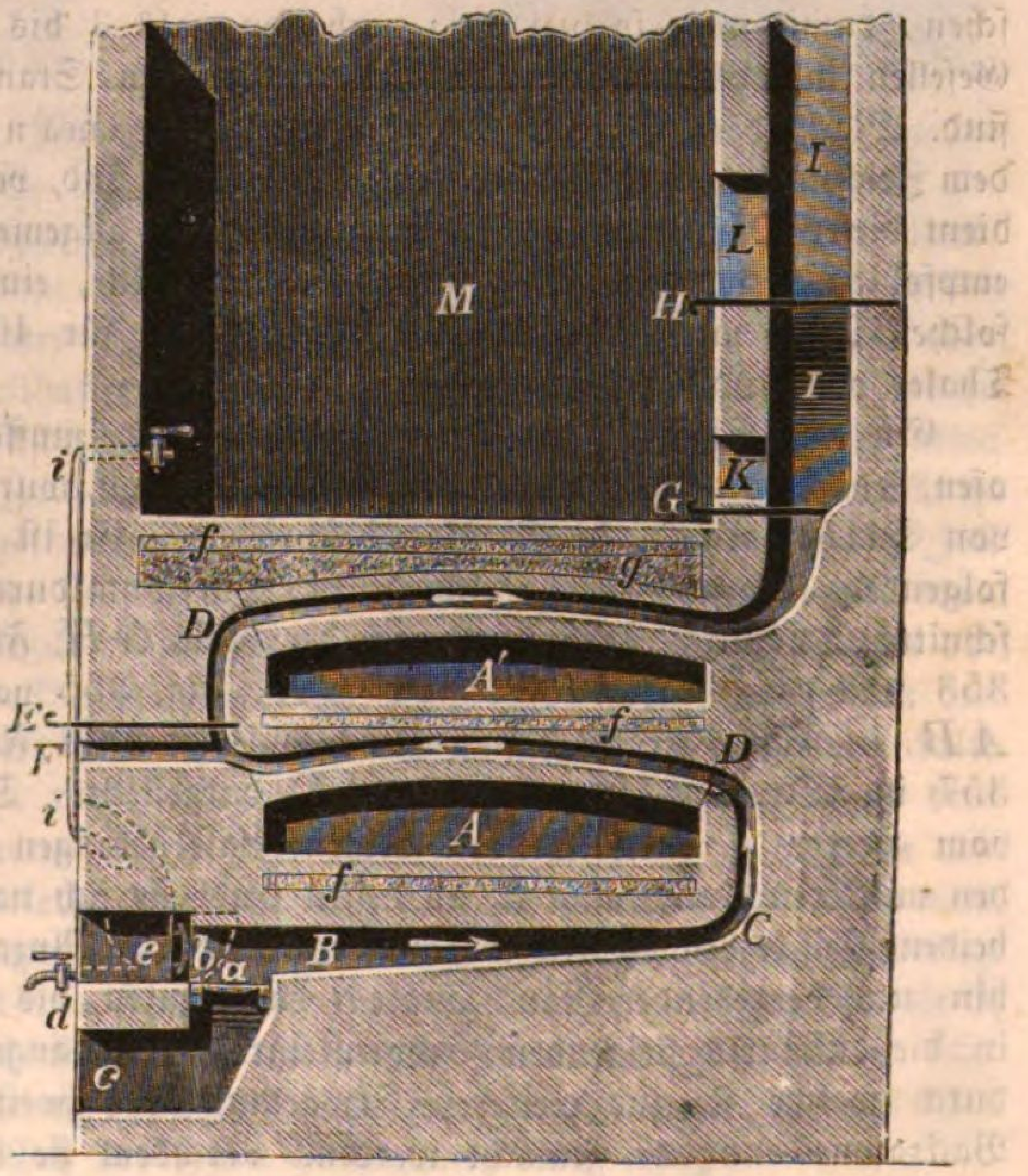


in Osnabrück construirt und in Fig. 349 im Längendurchschnitt, in Fig. 350 im Querdurchschnitt und in Fig. 351 in äußerer Ansicht dargestellt. Er unterscheidet sich von den vorigen Muffelöfen wesentlich dadurch, daß er zwei über einander liegende Backräume hat, die durch dasselbe Feuer geheizt werden. Jeder der Backräume ist 6 Fuß 2 Zoll breit, 9 Fuß 2 Zoll lang, der untere 10 Zoll, der obere 9 Zoll hoch. Der untere Backraum *A* wird von zwei Gewölben getragen, über welchen sich eine Sandschicht befindet, wodurch die Hitze gleichmäßig vertheilt und milder gemacht wird.

Vor und unter dem Backraum *A* liegen in dem Mauerwerke die beiden Feuerungen *b* mit Rosten *a*, welche mit feuerfesten Steinen überwölbt und mit einer quadratischen Thür von 9 Zoll Seitenlänge geschlossen werden. Von den Rosten *a* aus strömt die heiße Luft und die Verbrennungsproducte durch die beiden Canäle *B*, welche sich bei *C* in vier und bei *D* in acht Zweige theilen, unter und über den Backraum. Vor den Feuer- und Aschenlöchern *b* und *c* ist die eiserne Thür *h* angebracht, um eine Abkühlung der Canäle zu verhüten, sowie zur Regulirung der Hitze entsprechende Schieber *E*, *G* und *H* vorhanden sind. Zu beiden Seiten der Heizungen sind endlich verschließbare Luftcanäle *d* angeordnet, welche die Verbrennung außerordentlich befördern.

Der obere Ofen *A'* liegt unmittelbar über dem unteren *A*. Um die Hitze dieses Ofens dem unteren gleich zu machen, ist es erforderlich, über demselben nicht nur eine Thon- und Sandschicht *gf* anzubringen, sondern ihn auch um einen Zoll niedriger zu machen, wodurch seine Nutzbarkeit durchaus nicht beeinträchtigt wird. Die Reinigung der Züge beider Oefen geschieht durch die ver-

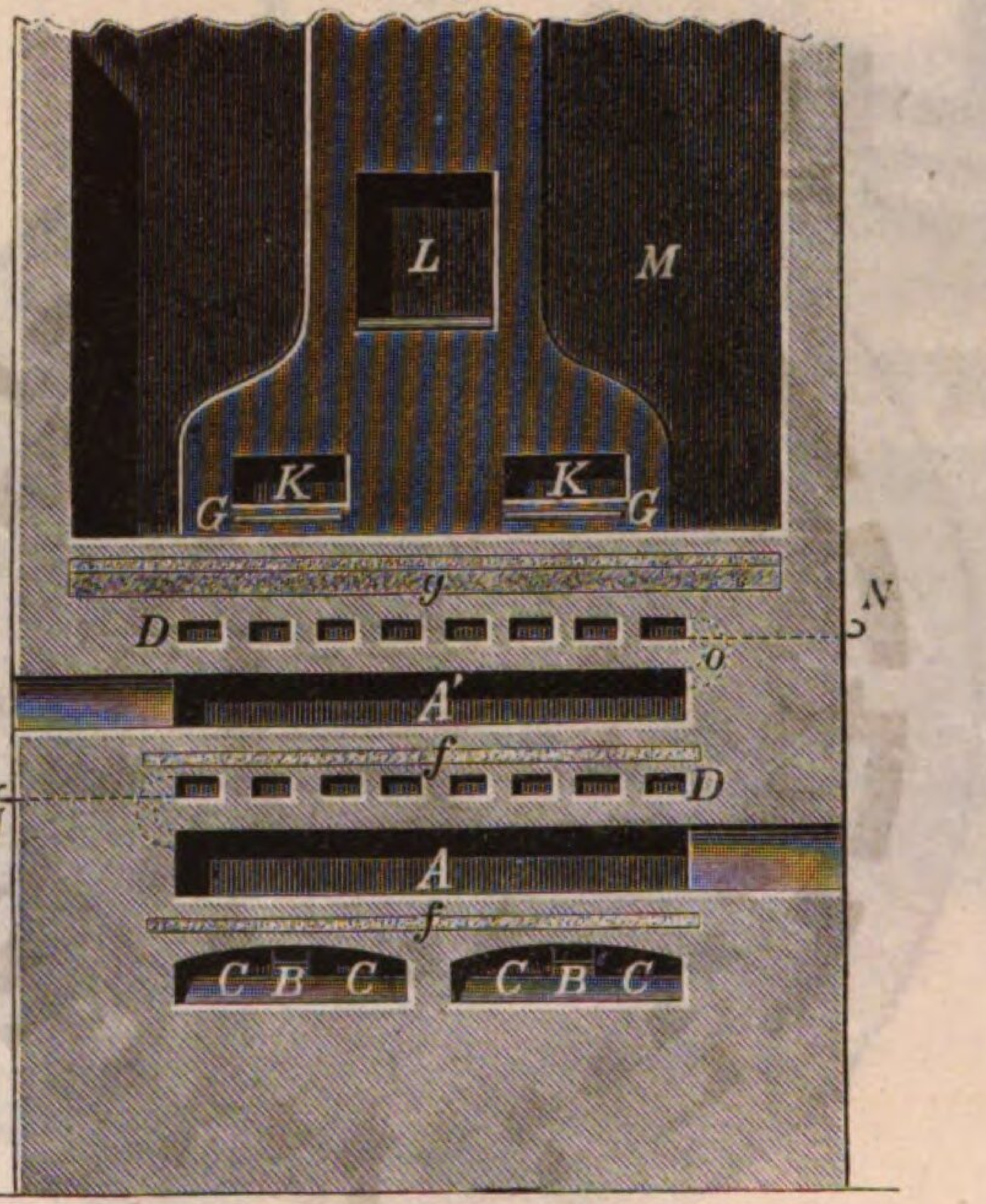
Fig. 349.



schließbaren Oeffnungen F und K, die des Schornsteins durch die mit einer Thür versehene Oeffnung L.

Zwischen beiden Feuerungen ist ein Wasserkessel e angebracht, der aus einem höher gelegenen Reservoir gespeist wird. Das warme Wasser wird zum Anmachen

Fig. 350.



wodurch in 16 Arbeitsstunden etwa 4 bis 5 Stunden Zeit erspart werden.

2) Da die Feuerung nicht im Ofen liegt, so kann dieser nie verunreinigt werden.

3) Man macht fast die ganze Hitze der Steinkohlen nutzbar, weil der Ofen ein Doppelofen ist und die Hitze sich zwischen und um den Ofen sehr gleichmäßig hinzieht.

Die Heizungskosten betragen täglich 7 bis 8 Groschen, damit wird so viel Teig verbacken, als 3 bis 4 Gesellen in 16 Arbeitsstunden zuzurichten im Stande sind. Nach dem Berichte des Professor Rühlmann, dem Zeichnungen und Beschreibung entnommen sind, verdient dieser Ofen, als der beste seiner Art, allgemein empfohlen zu werden. Der Erfinder erbietet sich, einen solchen Ofen, mit Ausnahme des Schornsteins, für 400 Thaler vollständig herzurichten.

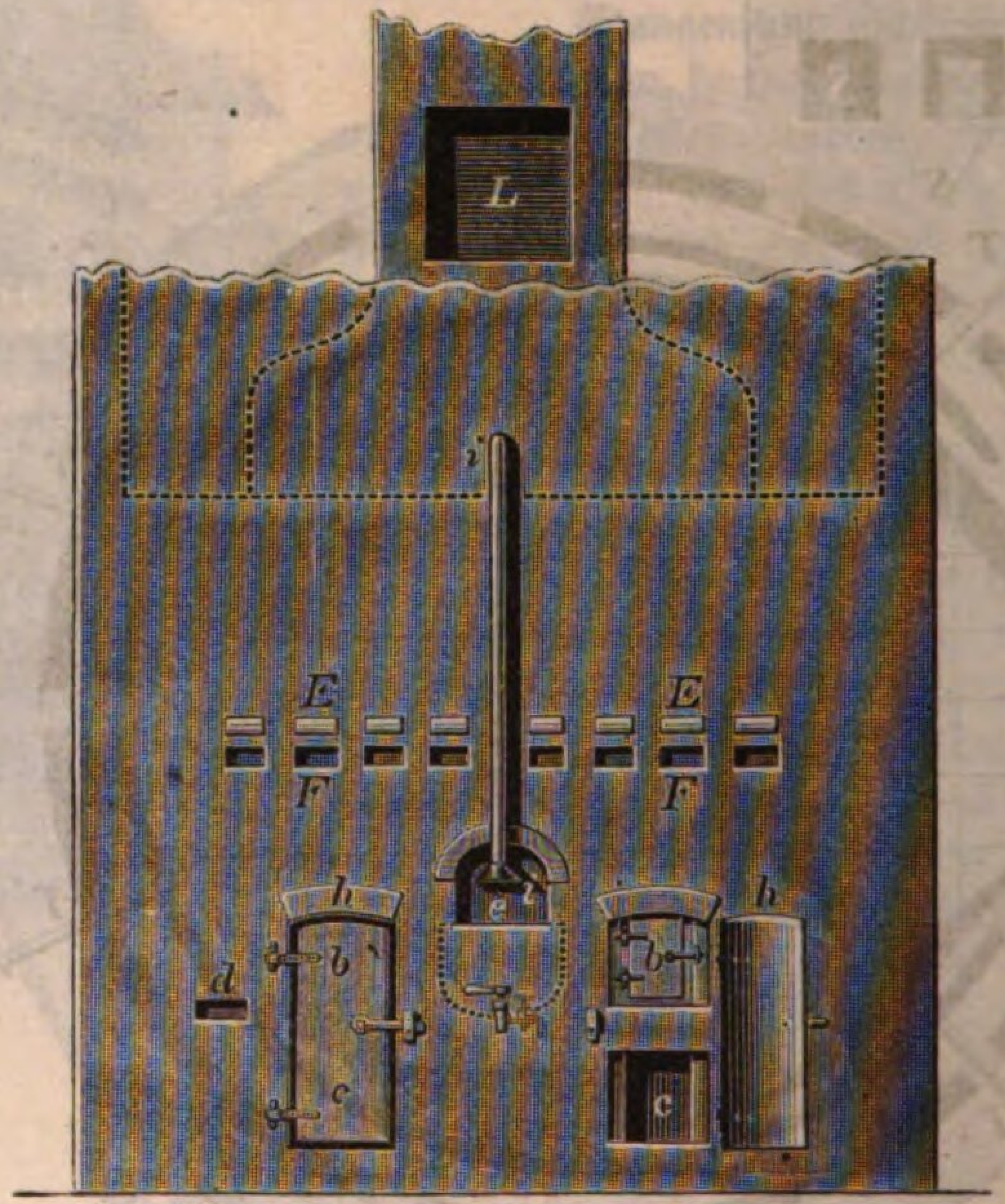
Ein dem Essen'schen Ofen ähnlicher Doppelmuffelofen, jedoch von etwas complicirterer Construction, wurde von Silbermann in Breslau beschrieben. Er ist in folgenden Figuren in verschiedenen Horizontaldurchschnitten, nämlich Fig. 352 nach der Linie GH, Fig. 353 nach EF, Fig. 354 nach CD, Fig. 355 nach AB, in Fig. 356 im Längendurchschnitt und in Fig. 357 im Querdurchschnitt nach IK dargestellt. Die vom Heerde L entweichenden heißen Gase gelangen in den mittleren Rauchcanal a, an dessen Ende sie sich nach beiden Seiten hin theilen und weitergehend eine Anzahl hin- und hergehender Rauchcanäle a durchlaufen, bis sie in die aufwärts steigenden Schornsteinröhren gelangen, durch welche sie zur weiteren Erwärmung des zweiten Backraumes nutzbar gemacht werden. Nachdem sie in-

des Teiges benutzt, außerdem dienen die Dämpfe zur Erwärmung der Backstube M.

Die Hauptvortheile dieses Ofens sind Ersparung an Brennmaterial und Zeitgewinn, denn

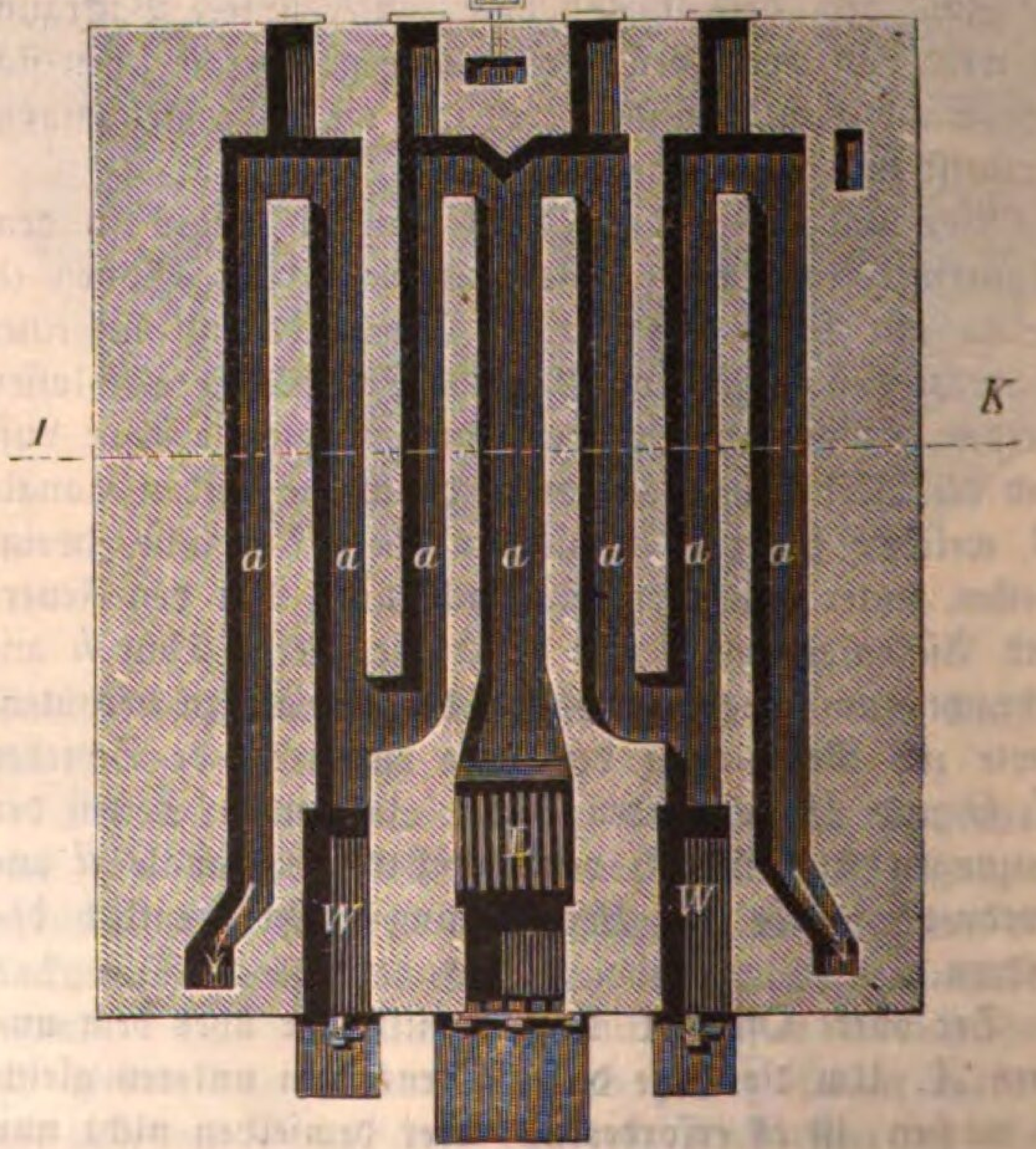
1) Es kann während des Heizens gebacken werden,

Fig. 351.



nerhalb e bis über das Gewölbe des ersten Backraumes aufwärts gestiegen sind, verbreiten sie sich nach Fig. 354 der Richtung der Pfeile folgend in den Zügen i auf beiden Seiten oberhalb des Gewölbes, vereinigen sich in dem mittleren Canale k und gelangen in den aufwärts steigenden Rauchzug l, in welchem sie bis über das Gewölbe des zweiten Back-

Fig. 352.



raumes emporsteigen. Hier verbreiten sie sich abermals nach Fig. 356 und 357 in dem Horizontalzuge *m*, theilen sich an dessen vorderem Ende nach beiden Seiten in den Canälen *n* fortgehend, aus denen sie endlich in die an der hinteren Rückwand liegende Abzugsesse gelangen.

Fig. 353.

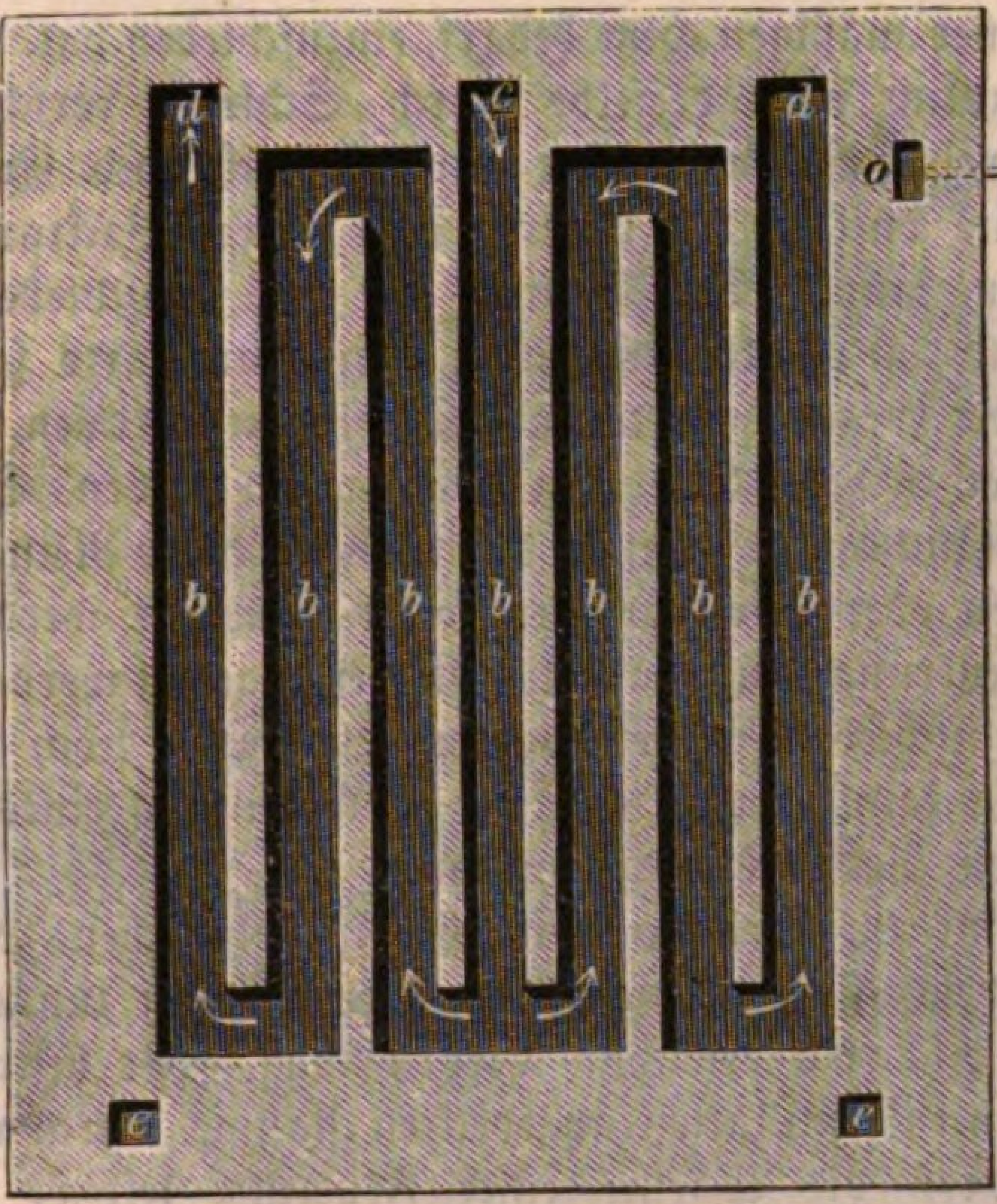


Fig. 354.

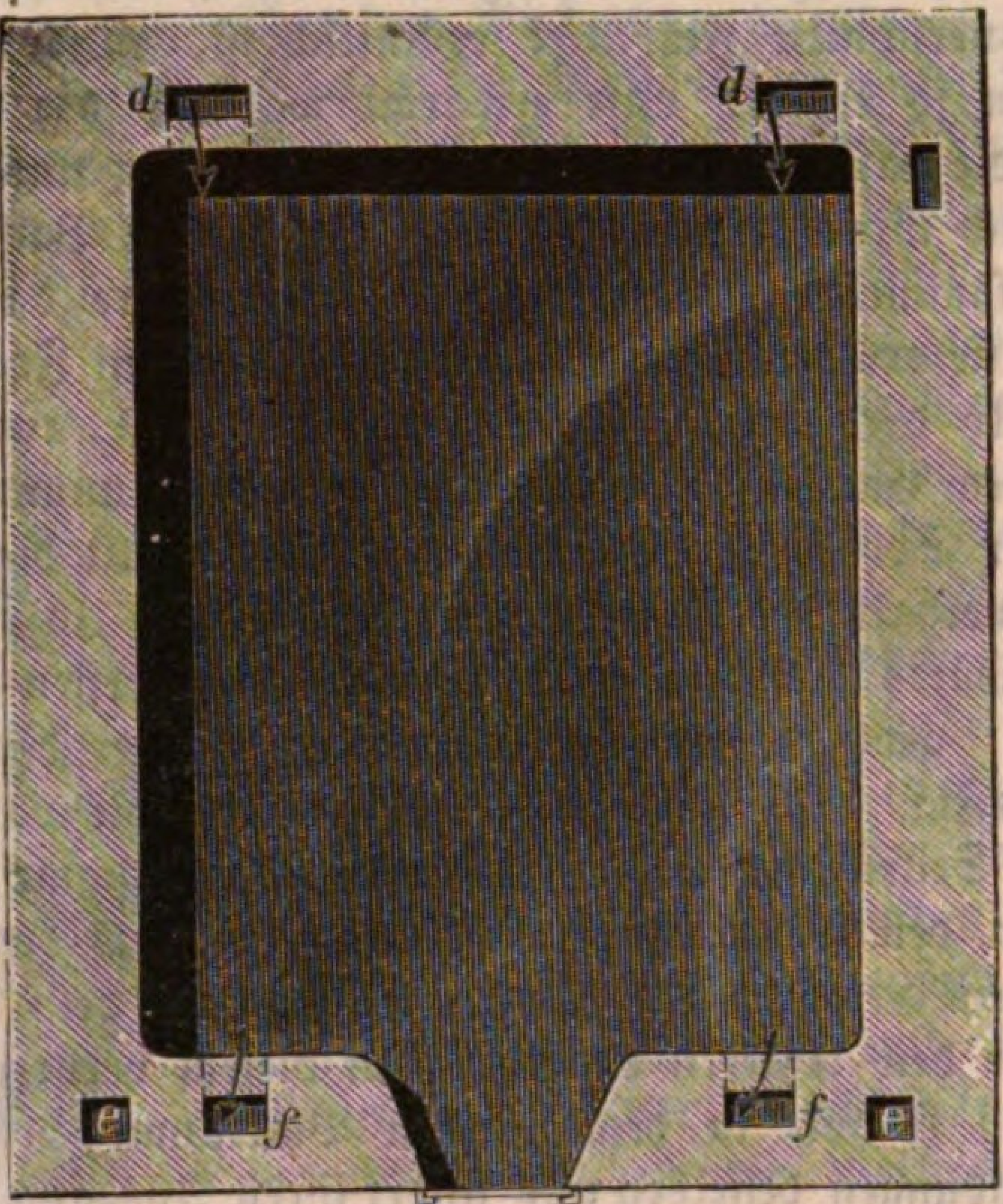


Fig. 355.

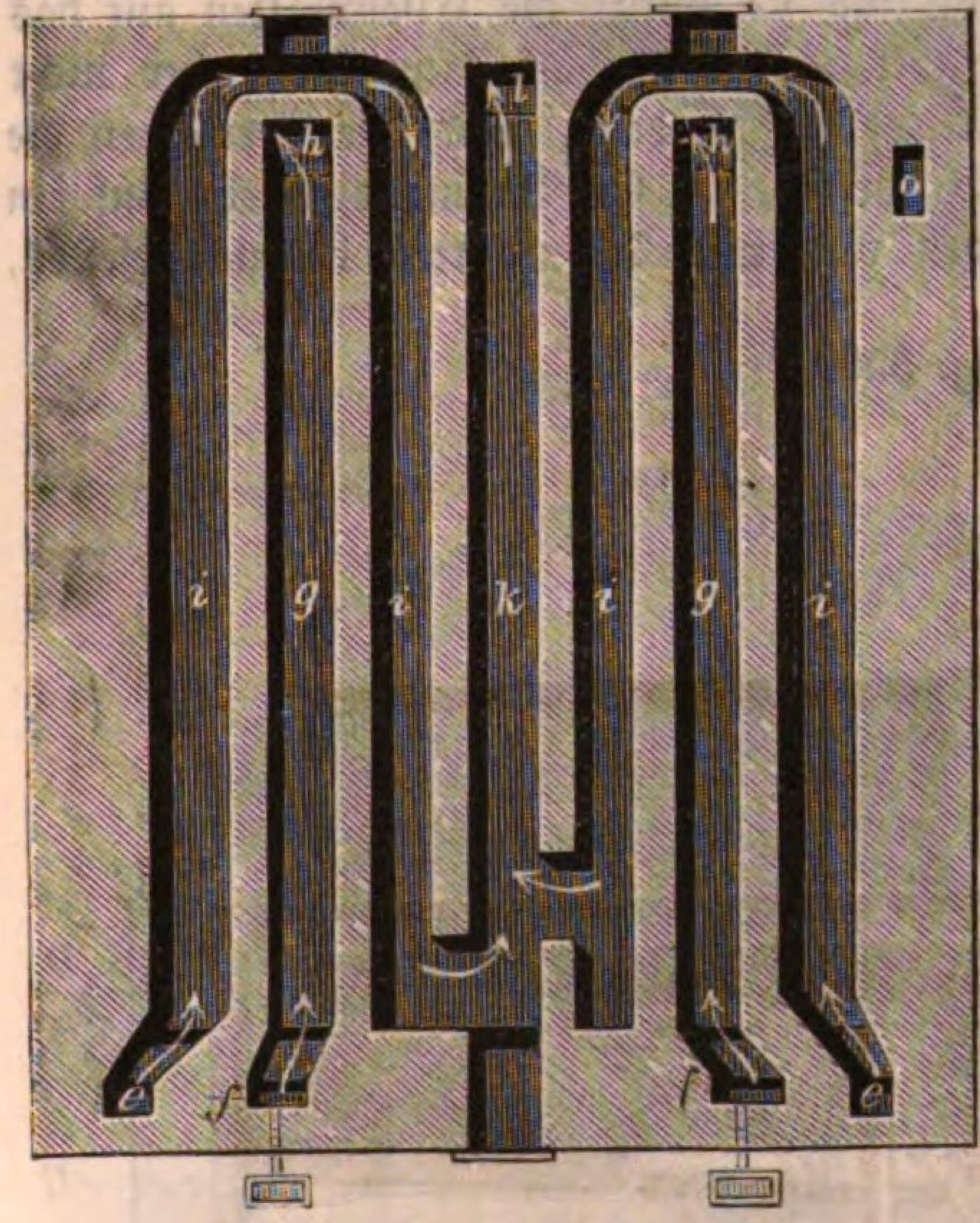


Fig. 356.

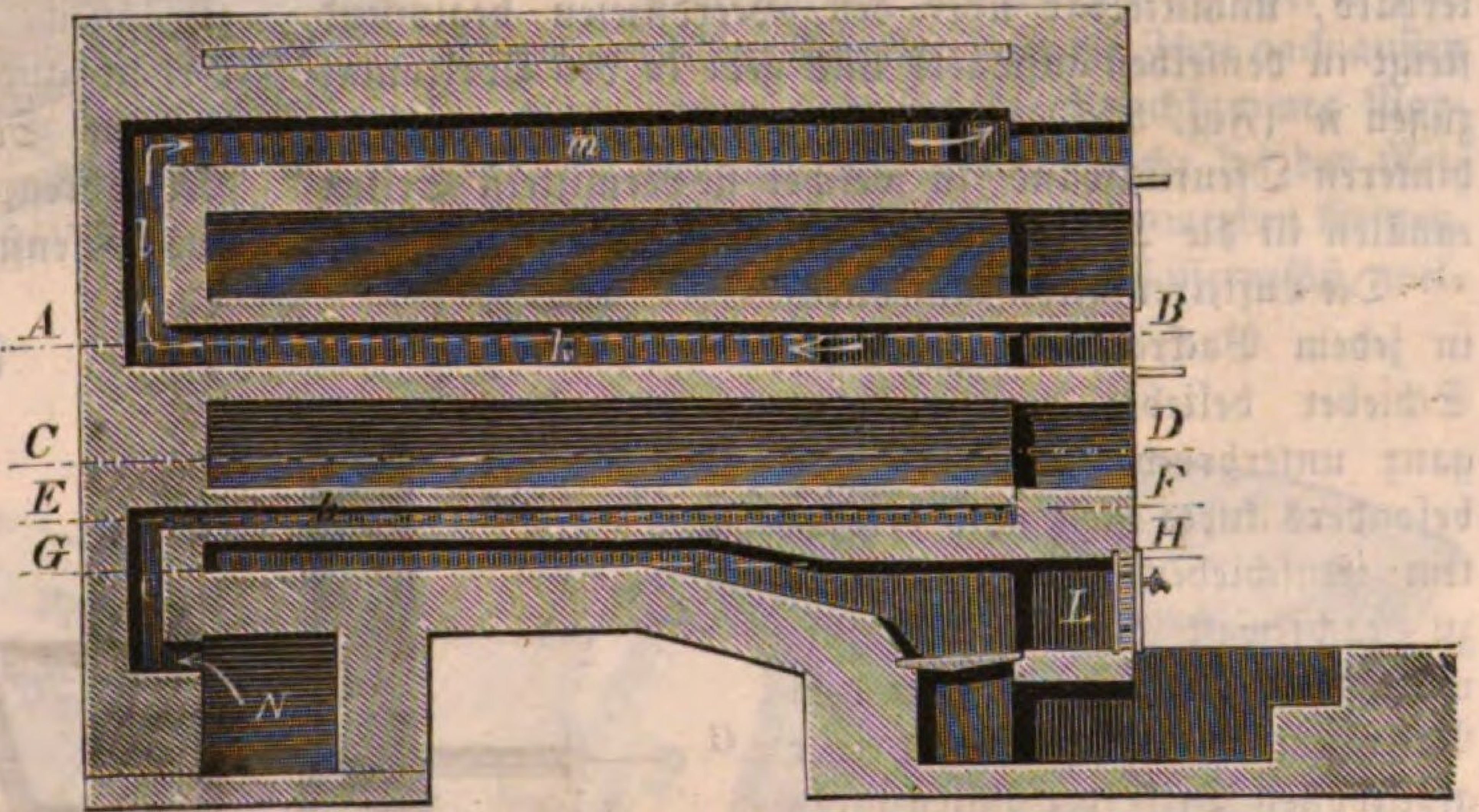
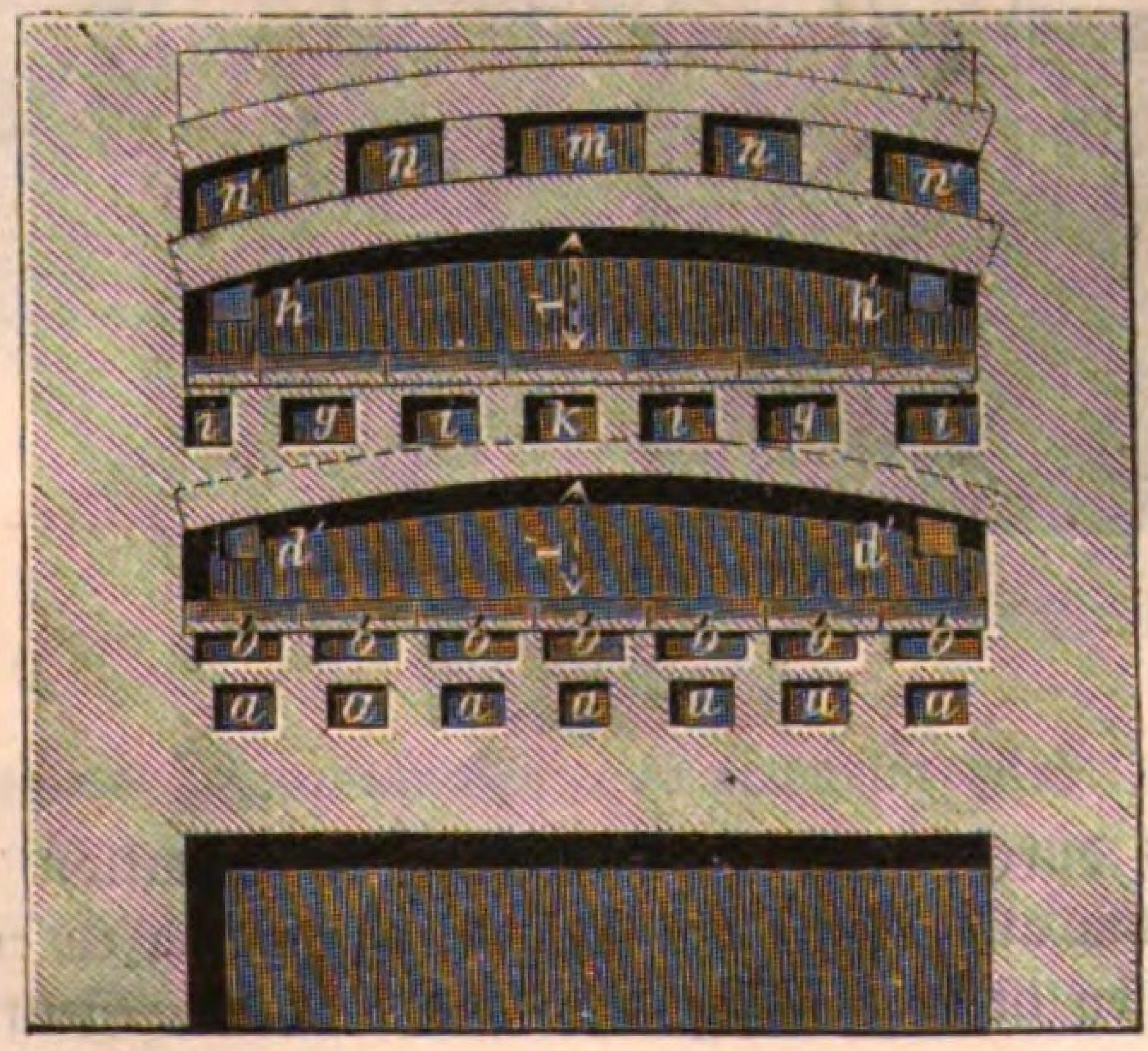


Fig. 357.



Man ersieht leicht, daß der Rauch auf diesem langen Wege genügende Gelegenheit hat, seinen Wärmestoff zur Erwärmung der Heerdfliesen und der Gewölbe der Backräume abzugeben, obschon ein großer Theil desselben immer noch unbenutzt entweichen wird. Um eine vortheilhaftere Benutzung des in den verbrannten Gasen befindlichen Wärmestoffes zu erzielen, sind über den etwa 7 Zoll breiten und 6 Zoll hohen Rauchcanälen *a* Luftzüge *b* von etwas größerer Breite und $2^1/_2$ bis 3 Zoll Höhe in der Art angeordnet, daß die ersteren mit etwa zolldicken Thonplatten oder doppelten Dachsteinlagen abgedeckt sind, während die Decke der Luftcanäle von den Heerdfliesen des Backraumes gebildet wird. Die kalte Luft tritt, wie aus Fig. 356 ersichtlich ist, aus dem Raume *N* in den Canal *c* aufwärts, gelangt in den mittleren Horizontalzug *b*, theilt sich an dessen Ende nach beiden Seiten und circulirt, in entgegengesetzter Richtung mit den Rauchgasen strömend, innerhalb der Canäle *b* nach Fig. 353, gelangt in die aufwärts steigenden Canäle *d*, aus denen sie stark erhitzt unterhalb des Gewölbes des ersten Backraumes bei *d'* (Fig. 354 und 357)

in denselben eintritt. Die Luftcanäle b sind wie die Rauchzüge a durch Zungen aus Mauersteinen von einander getrennt, welche so angeordnet werden müssen, daß die den Backheerd bildenden Fliesen ihre Auflage auf dieselben auf beiden Seiten finden können, wie dies aus dem Querschnitte Fig. 357 ersichtlich ist. Die in den Canälen so erhitzte Luft erwärmt während der Circulation die darüber liegenden Heerdfliesen von unten, erfüllt nach ihrem Austritt durch d' den ganzen Backraum, dessen sämmtliche Wandflächen, insbesondere das Gewölbe, sie erwärmt, und findet ihren ferneren Fortgang innerhalb der von d entgegengesetzt liegenden, aufwärts steigenden Canäle f, welche ihre Mündung unmittelbar über der Sohle des Backraumes haben, damit die heiße Luft innerhalb des letzteren verweilen könne. In f steigt sie aufwärts bis über das Gewölbe des ersten Backraumes, geht in den Horizontalzügen g über dem Gewölbe (Fig. 355 und 357) fort, wobei sie von den beiden Seitenrauchcanälen i Wärme aufnimmt, und steigt in den Verticalzügen hh aufwärts, aus denen sie unter dem Gewölbe des zweiten Backraumes bei h' (Fig. 357) in den letzteren eintritt. In diesem verbreitet sie sich eben so wie in dem unteren Backraume, erwärmt die Wandungen desselben und findet ihren Ausgang durch eben so angeordnete Oeffnungen und Canäle f, wie unterhalb, unmittelbar über den Heerdfliesen beginnend, steigt in denselben aufwärts und geht in den Horizontalzügen n' (Fig. 357) oberhalb des Gewölbes nach der hinteren Ofenrückwand, in welcher sie vermittelst Seitencanälen in die Abzugsesse geleitet wird.

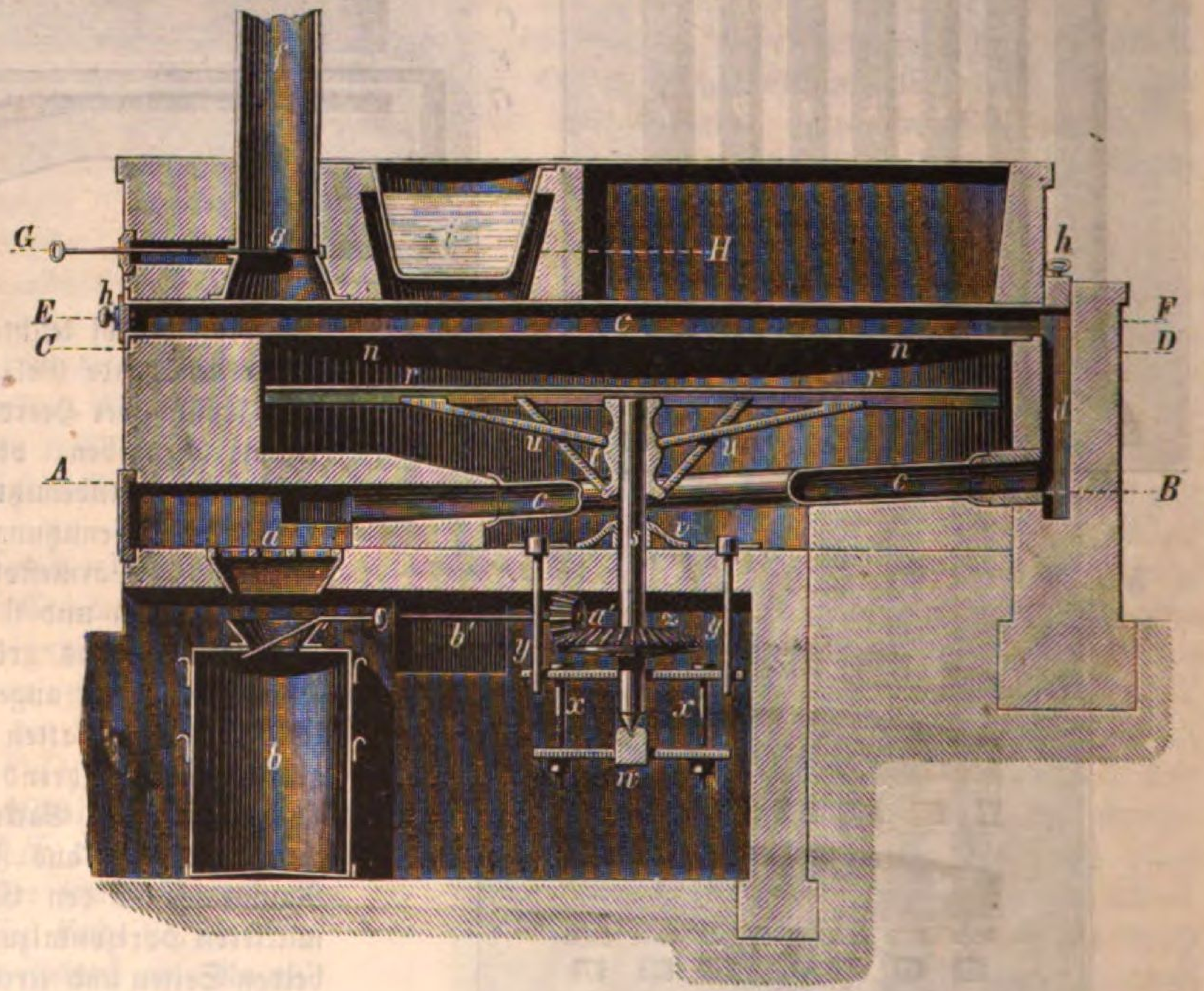
Die Luftcirculation kann durch in jedem Backraume angebrachte Schieber beliebig regulirt oder ganz unterbrochen werden, was besonders kurze Zeit nach erfolgtem Einschieben der Backwaare zu beachten ist, damit die sich entwickelnden Wasserdämpfe in dem Backraum zur Erzeugung einer glanzvollen Decke der Backwaaren durch Bildung von Stärkegummi beitragen. Um diesen Zweck noch besser zu erreichen und das Bestreichen der Backwaaren vor dem Einschieben ganz zu ersparen, kann man vermittelst eines Rohres und dasselbe schließenden Hahnes Wasserdämpfe aus der Wasserpfanne W in den Backraum hineinlassen, welche sich an den kühleren Oberflächen der Backwaaren condensiren und die Auflösung des Stärkegummis der Kruste bewirken.

Da die Rauchgase mit den Backräumen gar nicht in Berührung kommen, so kann man sich jedes beliebigen Brennmaterials zur Heizung bedienen; es wird aber am vortheilhaftesten sein, während des continuirlich fortzusetzenden Backens die Erzeugung der Wärme durch Kohks zu bewirken, da sie die ununterbrochene Erhaltung eines mäßigen und gleichförmigen Heerdfeuers mit den geringsten Kosten gestatten.

Der Canal o dient dazu, um in die Backräume kalte Luft einströmen lassen zu können, falls dieselben zu stark erhitzt sein sollten, oder man eine Backwaare, welche nur einer mäßigen Hitze bedarf, einzuschieben hat. Selbstverständlich muß derselbe durch Schieber verschließbar sein, welche so angeordnet werden, daß nach Erfordern die kalte Luft in den unteren oder oberen Backraum einströmen kann. Die Thüren vor den Einschiebeöffnungen sind am zweckmäßigsten in Falzen aufwärts schiebbar und von Gegengewichten abbalancirt anzuordnen, so daß dieselben in jeder beliebigen Stellung verbleiben. Sämmtliche Rauchcanäle können durch angeordnete Reinigungsthürchen oder Thonvorsetzer leicht gereinigt werden. — Die Feuerung muß natürlich so tief angelegt werden, daß das Einschieben in den oberen Backraum noch bequem erfolgen kann, wozu man sich nöthigenfalls eines etwas erhöhten Podestes bedienen kann.

Ganz im Princip von den gewöhnlichen Backöfen abweichend sind die folgenden, von denen zunächst der von Rolland erwähnt werden mag. Er besteht aus einem mit Eisenplatten abgedeckten Raume, durch welchen Heizröhren die Wärme einer Feuerung leiten, um sie nachher in einen über dem Ofen liegenden Raum treten zu lassen, von wo sie durch die Eisenplatten auf das Gebäck ausstrahlt. Das Gebäck kann hier aber nicht auf die Sohle gelegt werden, weil über derselben die Heizröhren sich befinden. Es kommt vielmehr auf ein aus Eisenstäben und mit Thonplatten belegtes Gestell,

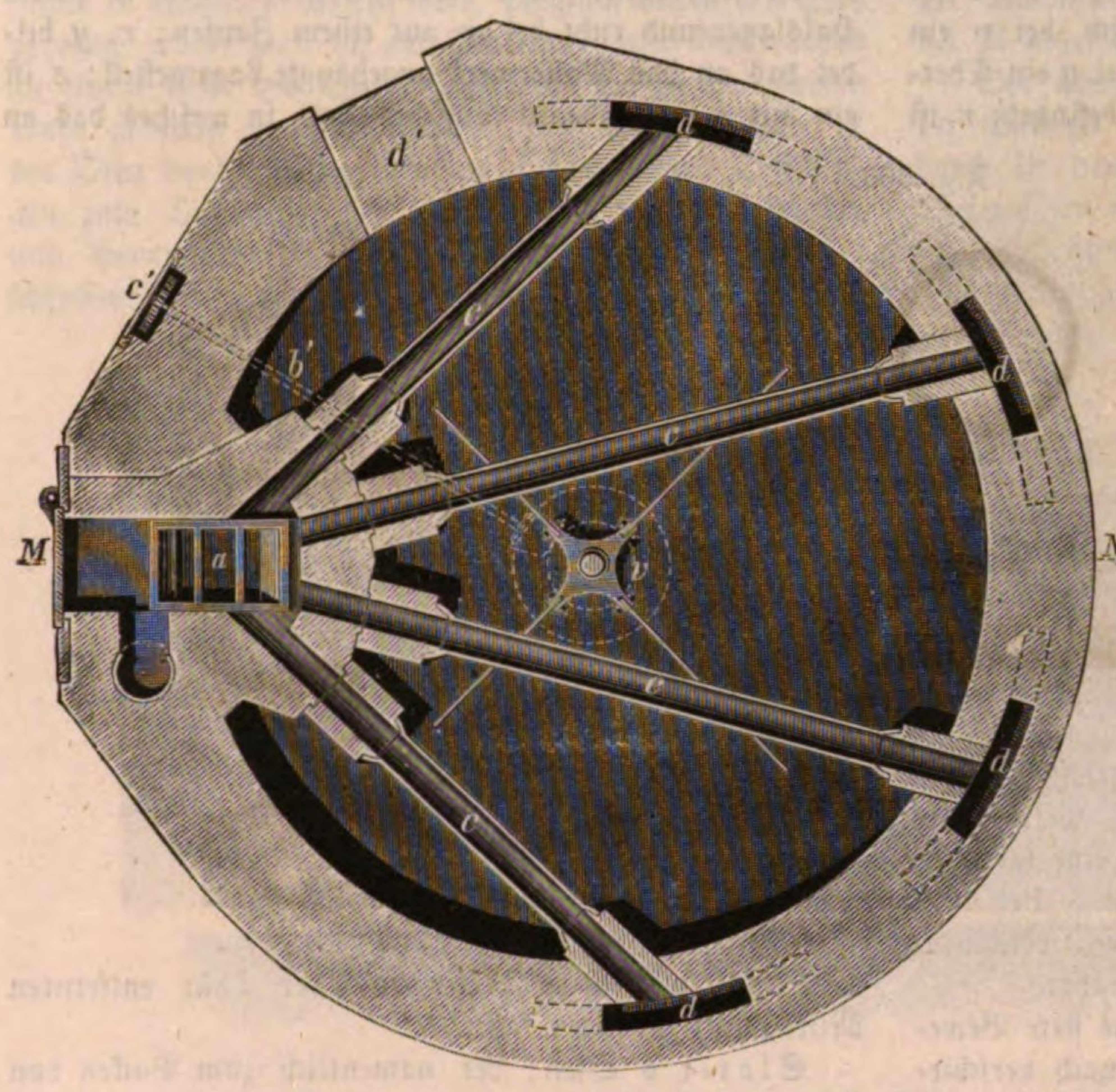
Fig. 358.



welches durch einen Mechanismus in Rotation versetzt wird, um alle Theile des Teiges gleichmäßig zu erhitzen. Der Ofen ist in den Fig. 358 bis 364 dargestellt. Fig.

358 ist ein Verticaldurchschnitt und Fig. 359 ein Horizontaldurchschnitt; ersterer nach der Linie MN in Fig. 359 und letzterer nach der Linie AB in Fig. 358 durch den Feuerraum gelegt. Fig. 360 ist ein Theil eines Horizontaldurchschnittes nach der Linie CD in Fig. 358 durch den Backraum; Fig. 361 ein Theil eines Horizontaldurchschnittes nach der Linie EF in Fig. 358 durch die Rauchkammer über dem Backraume gelegt.

Fig. 359.



a ist der Rost, *b* ein unter demselben befindlicher Behälter zur Aufnahme der bei der Verbrennung verbleibenden Holzkohlen, wenn mit Holz geheizt wird. Flamme und Rauch gehen aus dem Heizraume durch vier strahlenförmig unter der beweglichen Backsohle hingeführte Röhren *c* nach den in der Umfassungswand angebrachten Zügen *d*. Diese Züge spalten sich durch eine auf *c* aufgesetzte Zunge oberhalb gabelförmig, wie dies der Durchschnitt in Fig. 362 deutlich macht, und führen nach der über dem Backraume befindlichen Rauchkammer. Zwei dieser Züge sind in den Durchschnitten Fig. 360 und 361 im Mauerwerke sichtbar. Aus dieser Rauchkammer entweichen die Verbrennungsproducte durch den mit dem Schieber *g* versehenen Schornstein *f*. Bei *h* sind an den Punkten, wo die Züge nach außen treten, und für die Rauchkammer Vorsetzstücke angebracht, welche bei der Reinigung herausgenommen werden können. Bei *i* befindet sich ein Wassergefäß, welches von der Rauchkammer aus erwärmt wird, und bei *k* ein mit schlechten Wärmeleitern ausgeschütteter Raum. Der Horizontaldurchschnitt in Fig. 363 nach der Linie GH in Fig. 358 und der Verticaldurchschnitt Fig. 364 nach der Linie IK in Fig. 363 zeigt außer den zuletzt erwähnten Theilen noch einen direct von dem Feuerraum in die Höhe geführten Zug *l*, der mit der Klappe *m* versehen ist und in den Schornstein *f* mündet, um

Fig. 360.

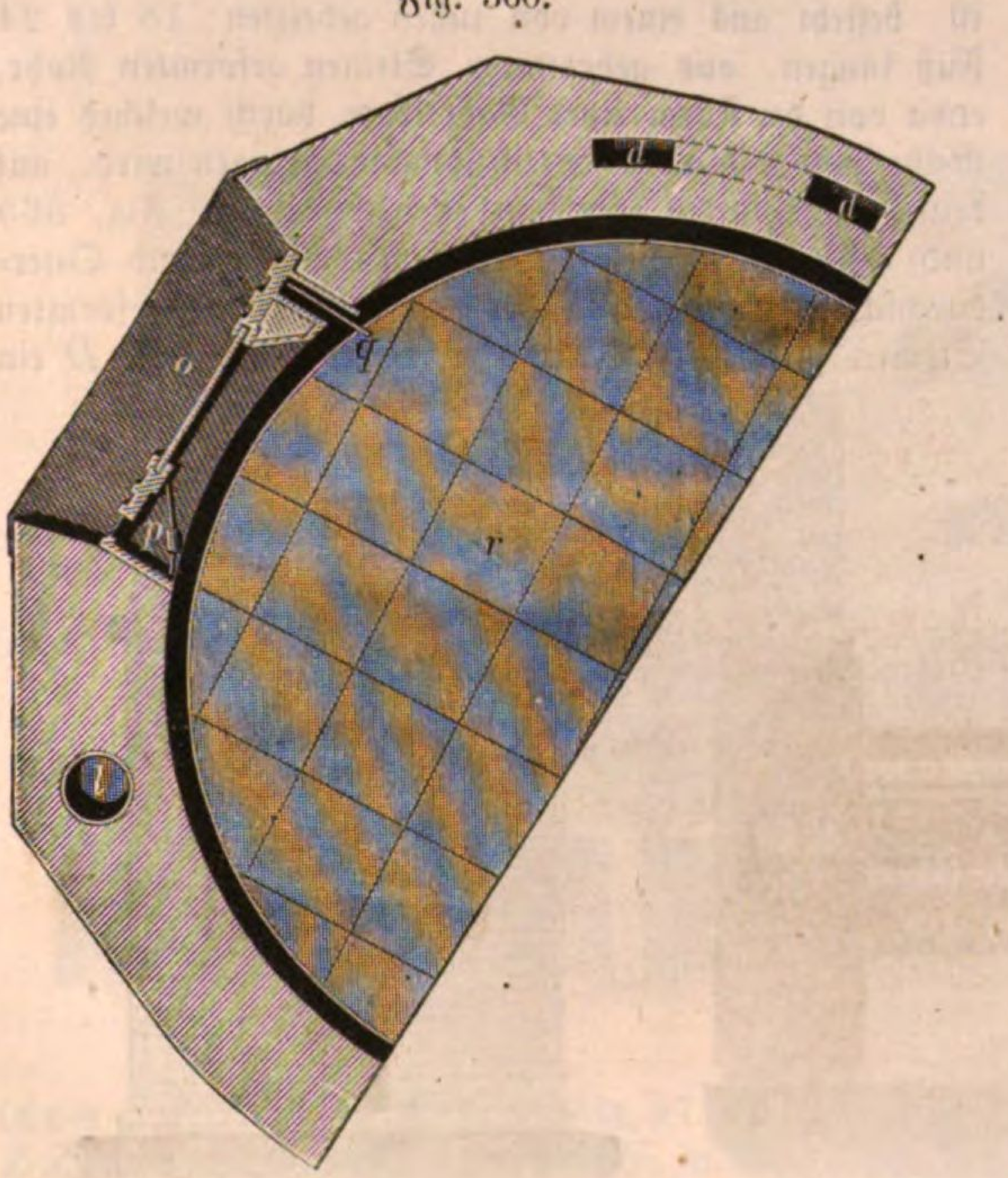
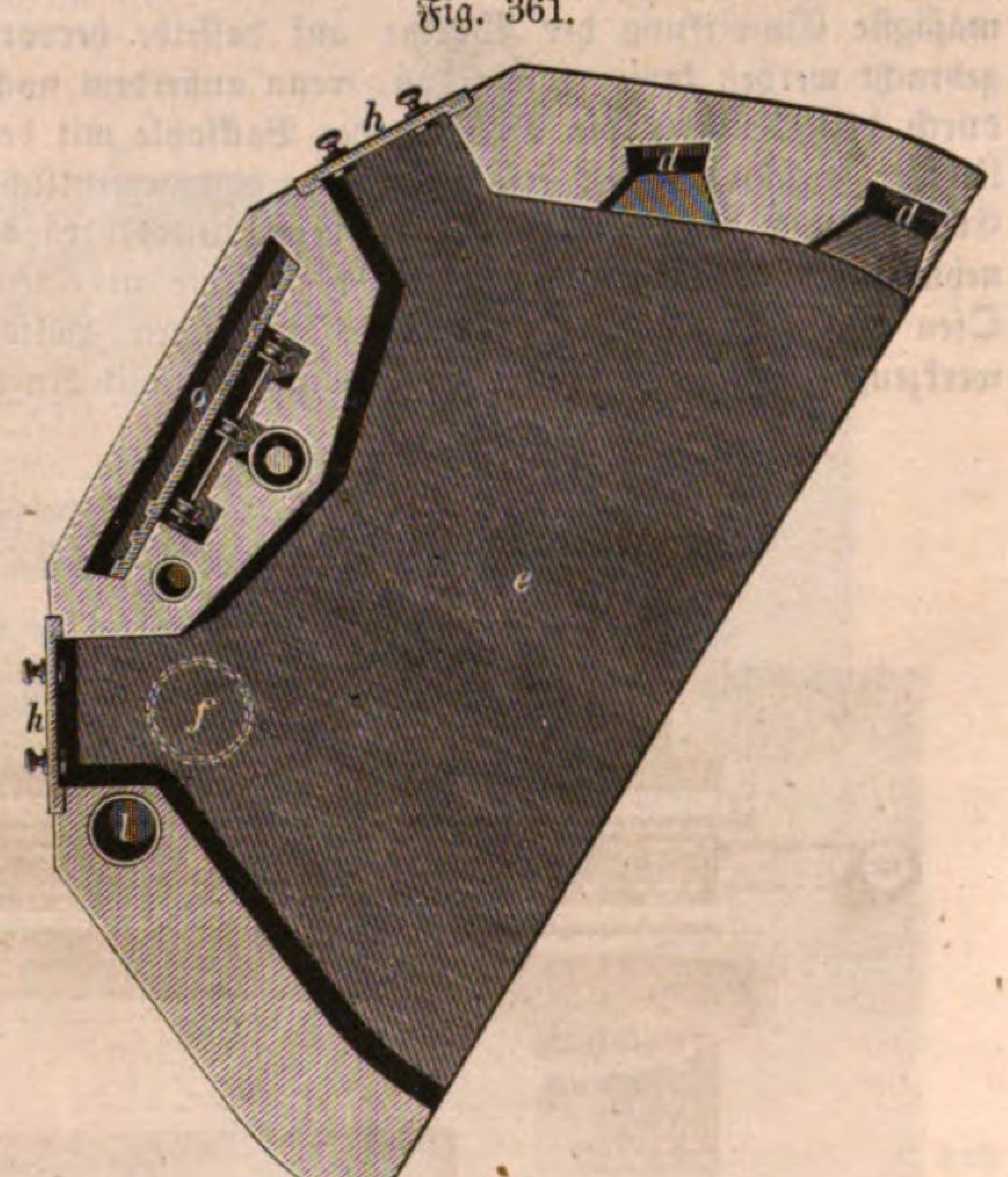


Fig. 361.



nach Erfordern die Feuerung direct in den Schornstein leiten zu können, wenn g geschlossen und m geöffnet wird. Die Rauchkammer e wird durch zwei aus Eisenblech und Gußeisenplatten gebildete Boden hergestellt.

Der allseitig umschlossene Backraum n hat bei o die Eintragthür (Fig. 360), neben welcher sich bei p ein Raum für die Beleuchtung desselben und bei q ein Thermometer zur Beobachtung der Temperatur befindet; r ist die aus einem Eisenblechgestell bestehende und mit Thonplatten belegte kreisförmige Backsohle, welche auf der Welle s ruht; an letzterer ist die Büchse t angebracht, gegen welche sich die eisernen Arme u stützen, welche die Backsohle tragen. Die Welle s geht bei v in einem Halslager und ruht bei w auf einem Zapfen; x, y bildet das an das Mauerwerk angehängte Lagergestell; z ist ein mit s verbundenes conisches Rad, in welches das an

Fig. 362.

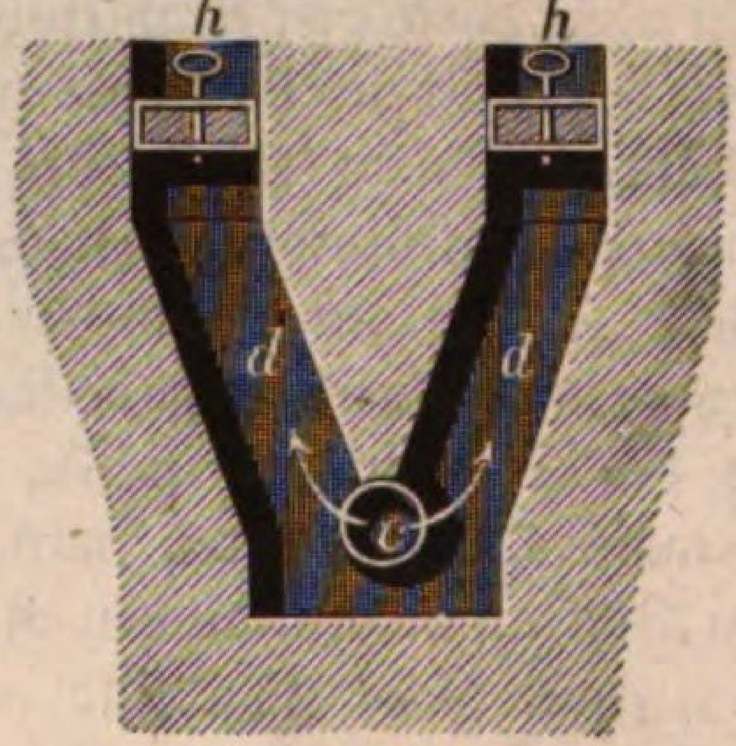


Fig. 363.

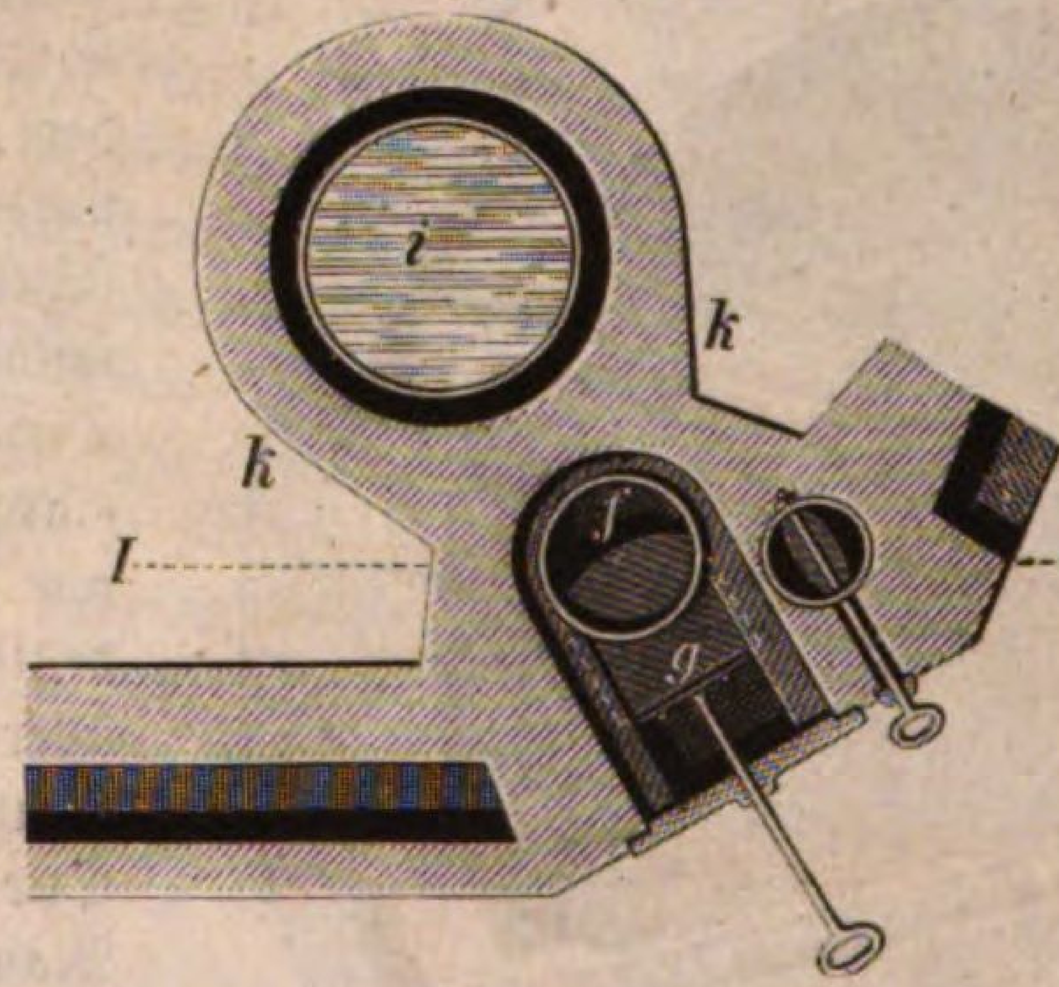
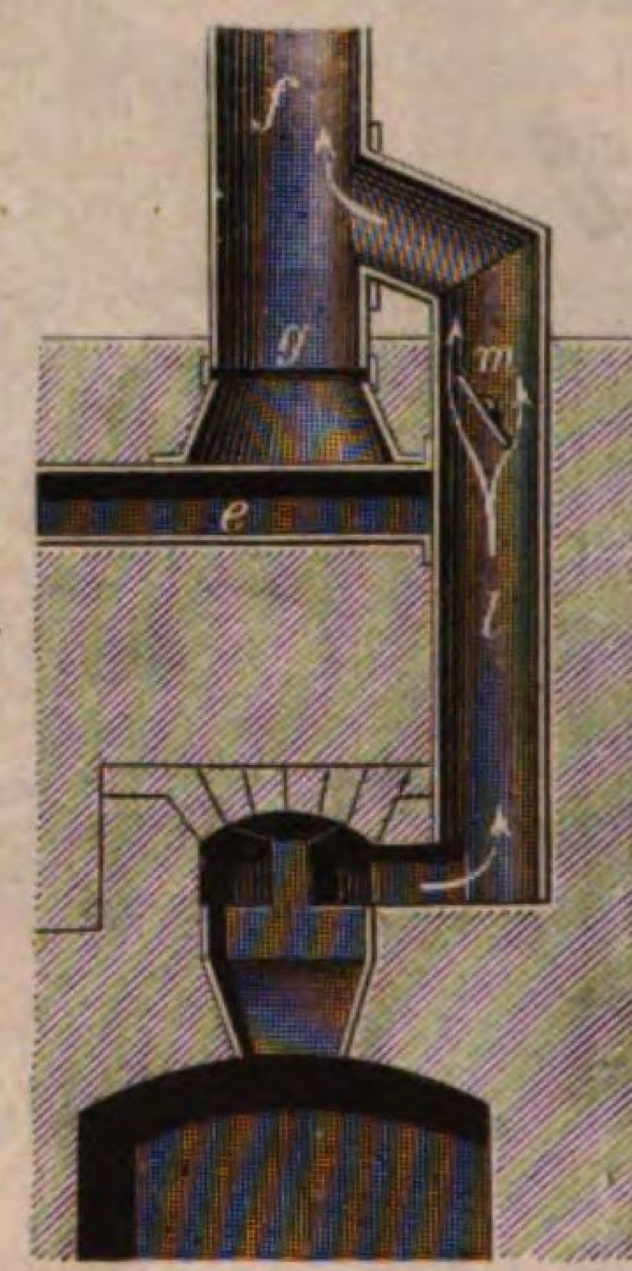


Fig. 364.



der Welle b' befindliche Getriebe a' eingreift. Bei c' befindet sich an der Welle b' ein Kettenrad, welches von einem Motor aus Bewegung erhält und eine langsame Kreisbewegung auf die Backsohle überträgt. Bei d' ist in der Mauer eine leicht zugesetzte Oeffnung, welche den Zugang bei nothwendigen Reparaturen gewährt.

Es liegt auf der Hand, daß durch eine stete Bewegung der Backsohle das Gebäck allmälig nach verschiedenen Stellen des Ofens kommt, und dadurch die gleichmäßigste Einwirkung der Wärme auf dasselbe hervorgebracht werden kann; sowie daß, wenn außerdem noch durch den Arbeiter die Drehung der Backsohle mit beliebiger Geschwindigkeit erfolgen kann, eine wesentliche Erleichterung beim Eintragen und beim Wiederherausnehmen hervorgebracht wird; ferner daß die zu einem Ofen von 4 Meter Durchmesser erforderlichen Hülfswerkzeuge hier nur Stiele zu haben brauchen, mit denen man bis zu dem 2 Meter von der Thür entfernten Mittelpunkt gelangen kann. —

Slater's Ofen, der namentlich zum Backen von Zwieback zur Verproviantirung von Schiffen ꝛc. bestimmt ist, besteht aus einem von außen geheizten, 18 bis 24 Fuß langen, aus gebrannten Steinen geformten Rohr, etwa von der Form einer Gasretorte, durch welches eine Reihe von endlosen Ketten langsam gezogen wird, auf denen die Platten mit dem Gebäck ruhen. Fig. 365 und 366 stellen diesen Ofen im Längen- und Querdurchschnitt dar. A ist der aus entsprechend geformten Steinen gemauerte Backraum, B die Feuerung, D ein

Fig. 365.

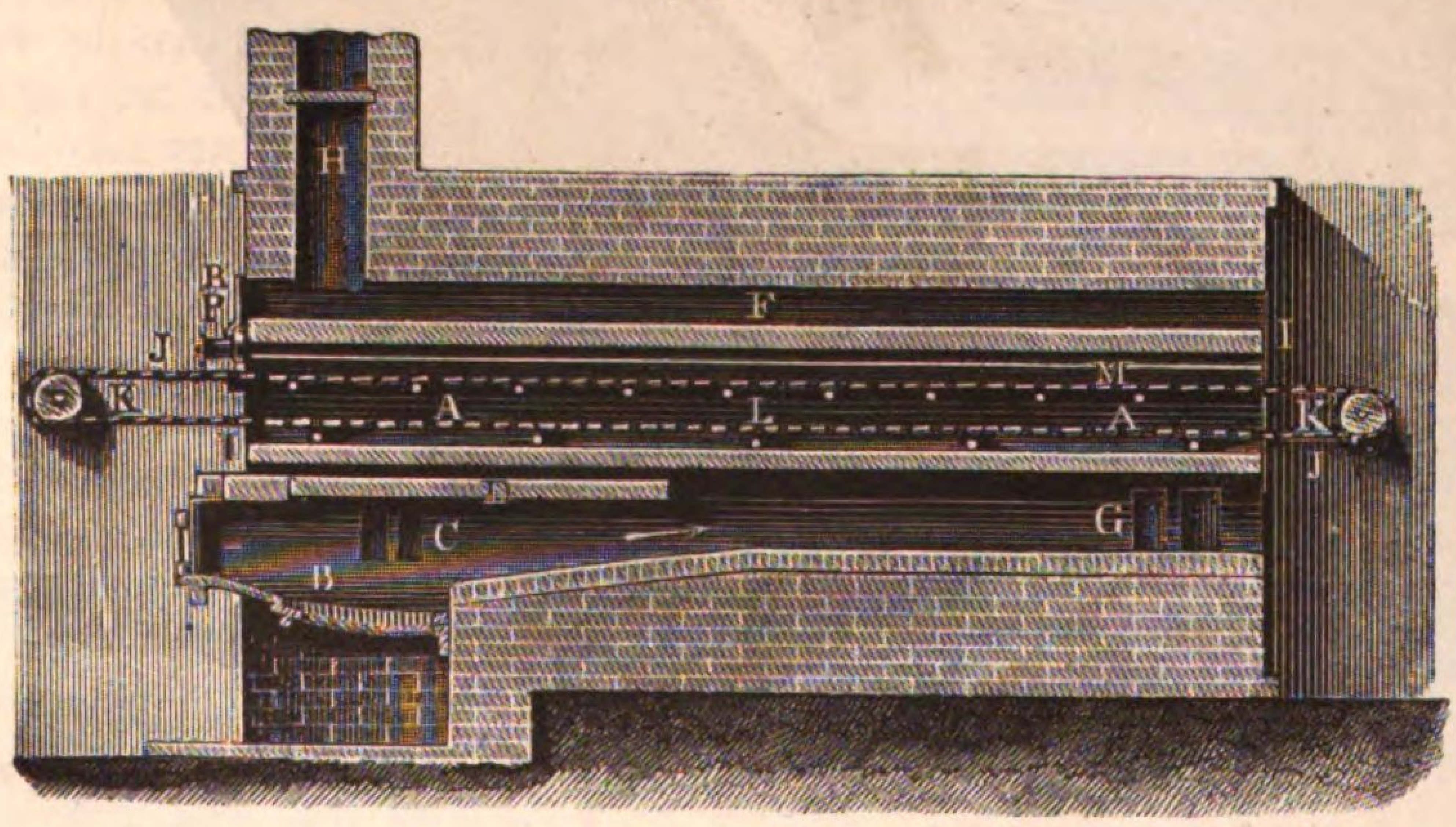
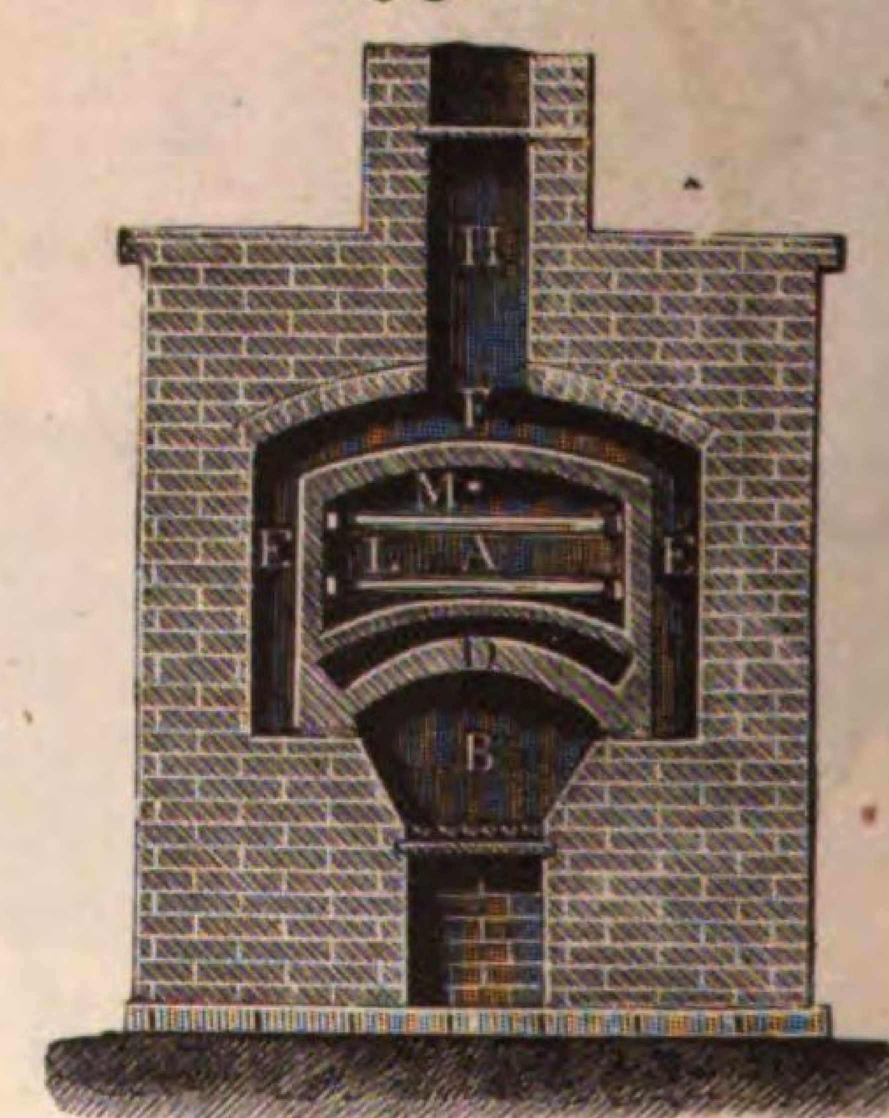


Fig. 366.



Gewölbe, um den Backraum vor der allzu starken Einwirkung der Hitze unmittelbar über der Feuerstelle zu bewahren. C und G sind Züge, die die Hitze in die den Seitenwänden entlang laufenden Züge EE und in den über dem Backraum befindlichen Zug F leiten, von dem sie in den Schornstein H entweicht. Durch Oeffnen der Züge C oder G hat man es in seiner Gewalt, entweder den vorderen oder den hinteren Theil des Ofens

stärker zu erhitzen. Im Innern des Backraumes liegen die endlosen Ketten L, sie ruhen auf einer Anzahl kleiner um ihre Achse drehbarer Walzen und werden durch die Friction der größeren Walze K, welche durch eine Maschine in Rotation versetzt wird, langsam durch den Ofen gezogen, wobei man die auf Platten gelegten Backwaaren an einem Ende des Ofens einschiebt, um sie am anderen Ende gebacken herauszunehmen. An beiden Enden ist der Ofen durch eiserne Platten JJ, in denen Oeffnungen zum Durchgang der Ketten und zum Einschießen und Herausnehmen des Gebäcks befindlich sind, verschlossen. Um den Temperaturgrad des Ofens bestimmen zu können, ist darin ein langer Kupferstab M angebracht, welcher mit seinem einen Ende fest gegen die Rückwand des Backraumes gelegt ist, während das andere Ende bei P auf ein System von Hebeln wirkt, welche die Ausdehnung des Stabes an einem getheilten Kreise bei R ablesen lassen.

Der Ofen von Jamelet und Lemare, der in der Bäckerei Mouchot in Paris benutzt wird, wird durch in dem Ofen circulirende heiße Luft erwärmt. Dieser Ofen ist in Fig. 367 in äußerer Ansicht, in Fig. 368 und 369 im Verticaldurchschnitt nach den Linien VV und WW, in Fig. 370 im Horizontaldurch-

Fig. 367.

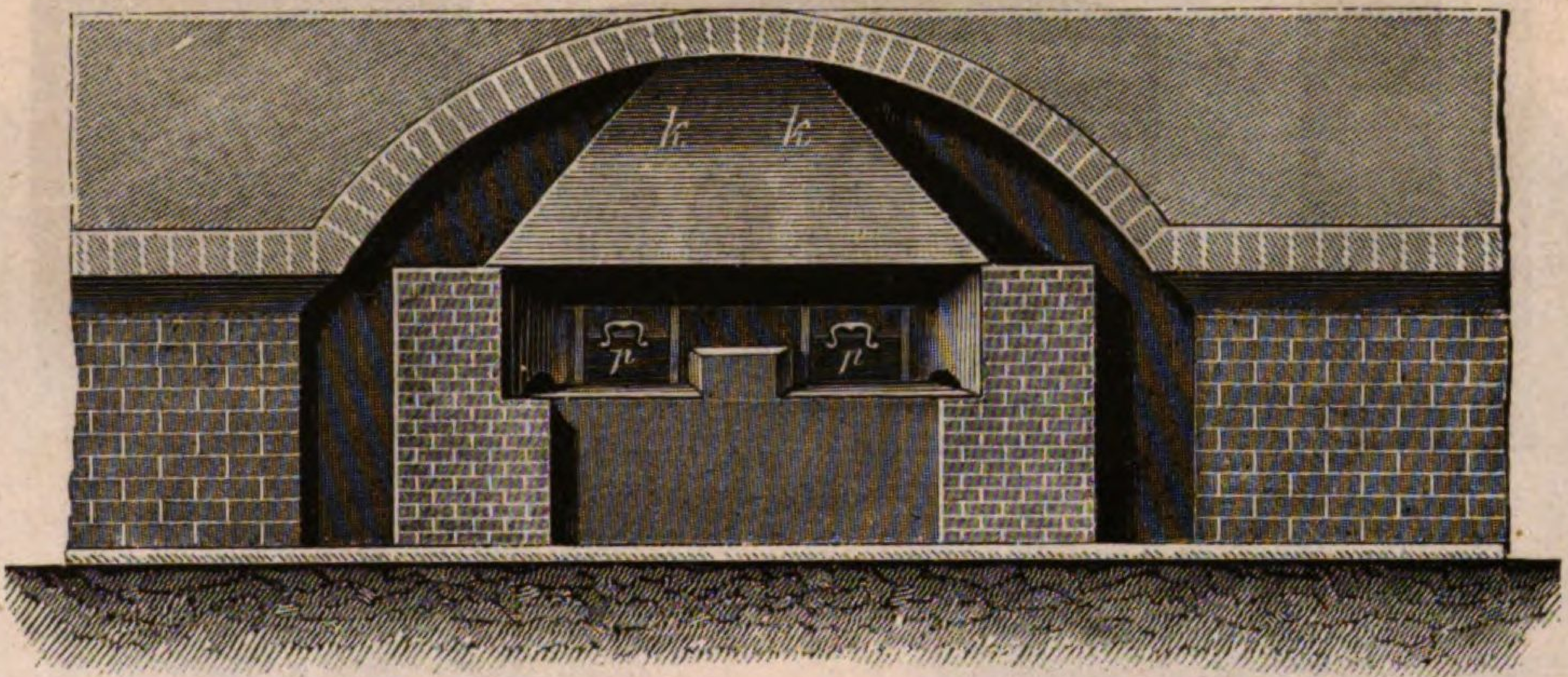
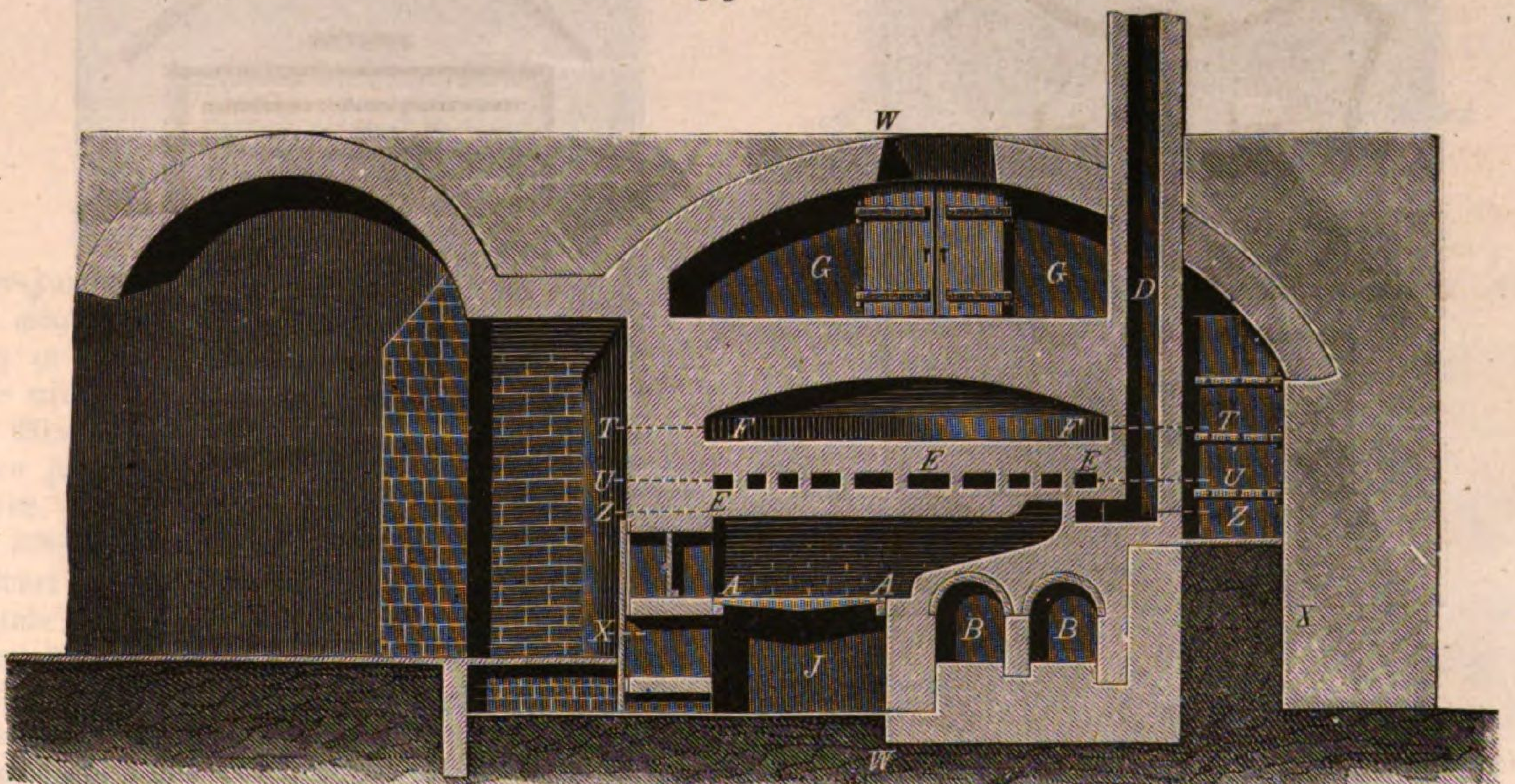


Fig. 368.



schnitt nach der Linie XX, in Fig. 371 nach der Linie ZZ, in Fig. 372 nach der Linie U, in Fig. 373 nach der Linie T dargestellt.

A ist die von dem Gewölbe g überspannte Feuerung, die für Kohlen oder Kohks bestimmt ist, B ein rings um die Feuerung liegender, mit Bogen überspannter Raum, dessen Gewölbe von Pfeilern h getragen werden. Die Feuerung ist rings von Mauern begrenzt, so daß der Rauch nicht in den Raum B dringen kann, dieser wird nur durch die durch das Mauerwerk ausstrahlende Hitze erwärmt und hat nur unten zwei kleine Oeffnungen, durch welche die zu erwärmende Luft einströmen kann. Die Einrichtung dieses Raumes ergiebt sich aus dem Grundriß Fig. 370, während in Fig. 368 und 369

die durch die Pfeiler h getragenen Gewölbe sichtbar werden. Unmittelbar unter dem Roste A liegt der Aschenfall J. Die Verbrennungsproducte gelangen am Ende des Feuerraumes durch zwei Oeffnungen ee in zwei neben dem Gewölbe g liegende Räume C, die in Fig. 369 im Durchschnitt erscheinen, in Fig. 368 aber von dem Gewölbe der Feuerung verdeckt werden, in Fig. 371 sind sie im Horizontaldurchschnitt gezeichnet. In jedem

Fig. 369.

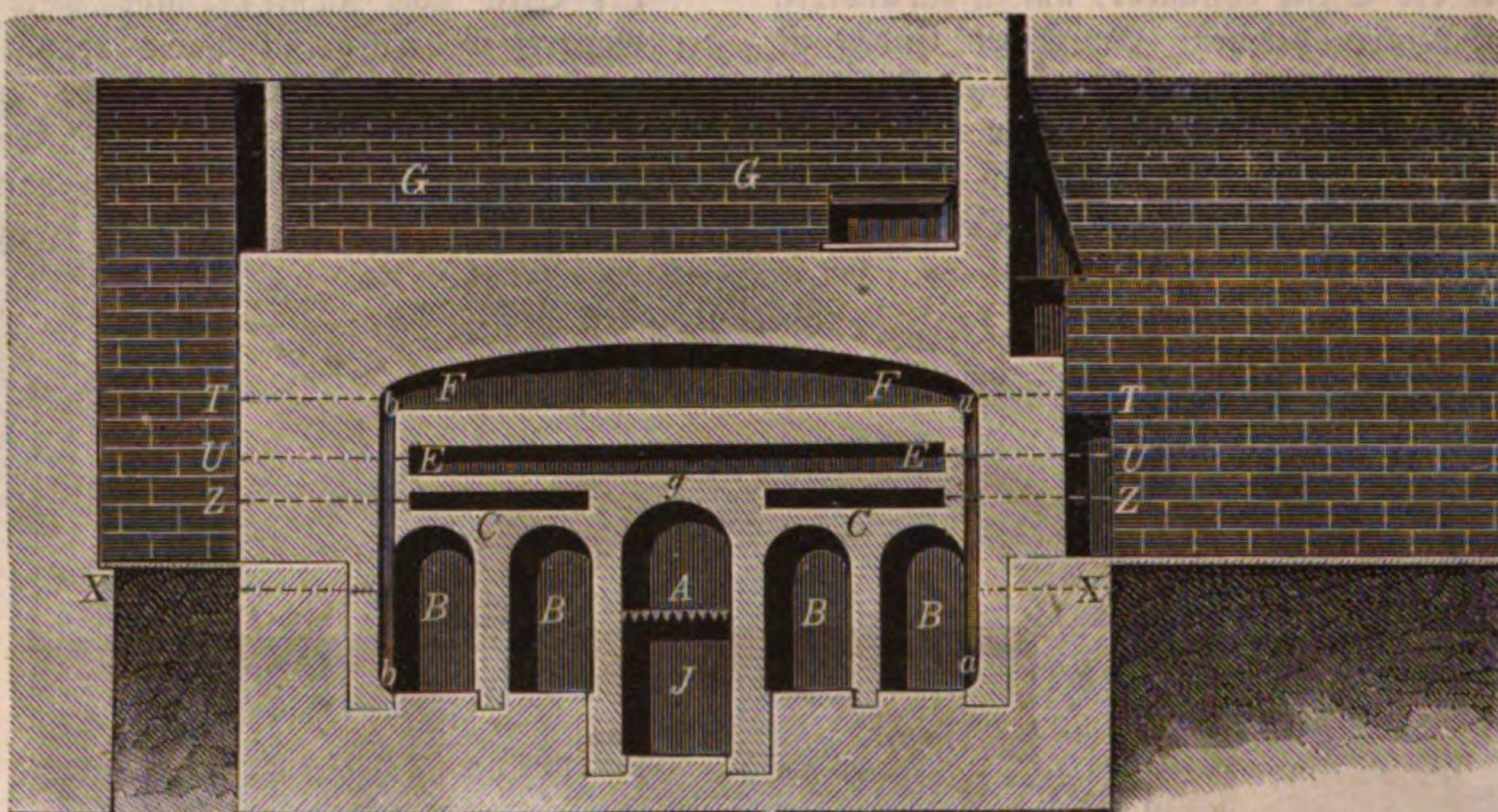


Fig. 370.

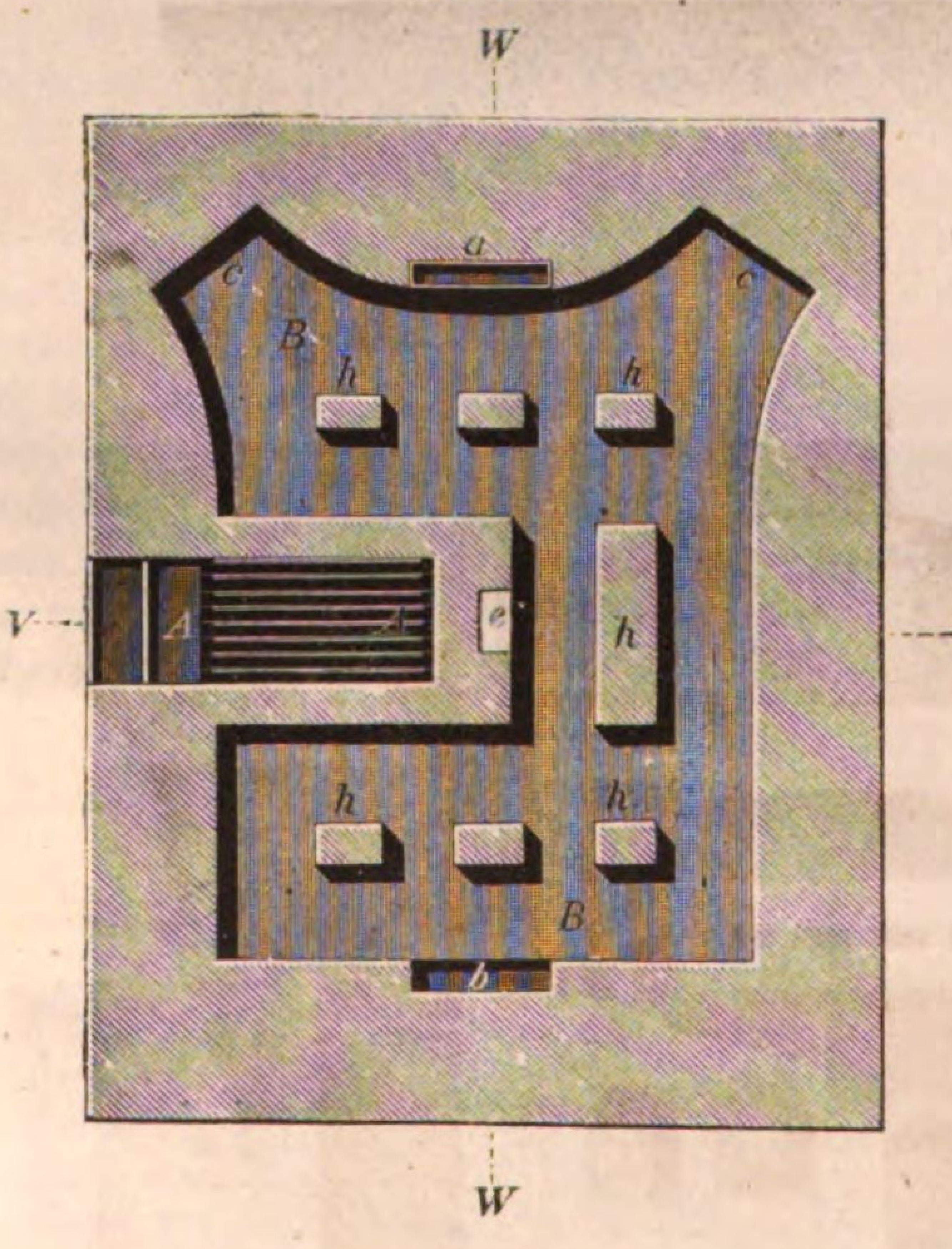
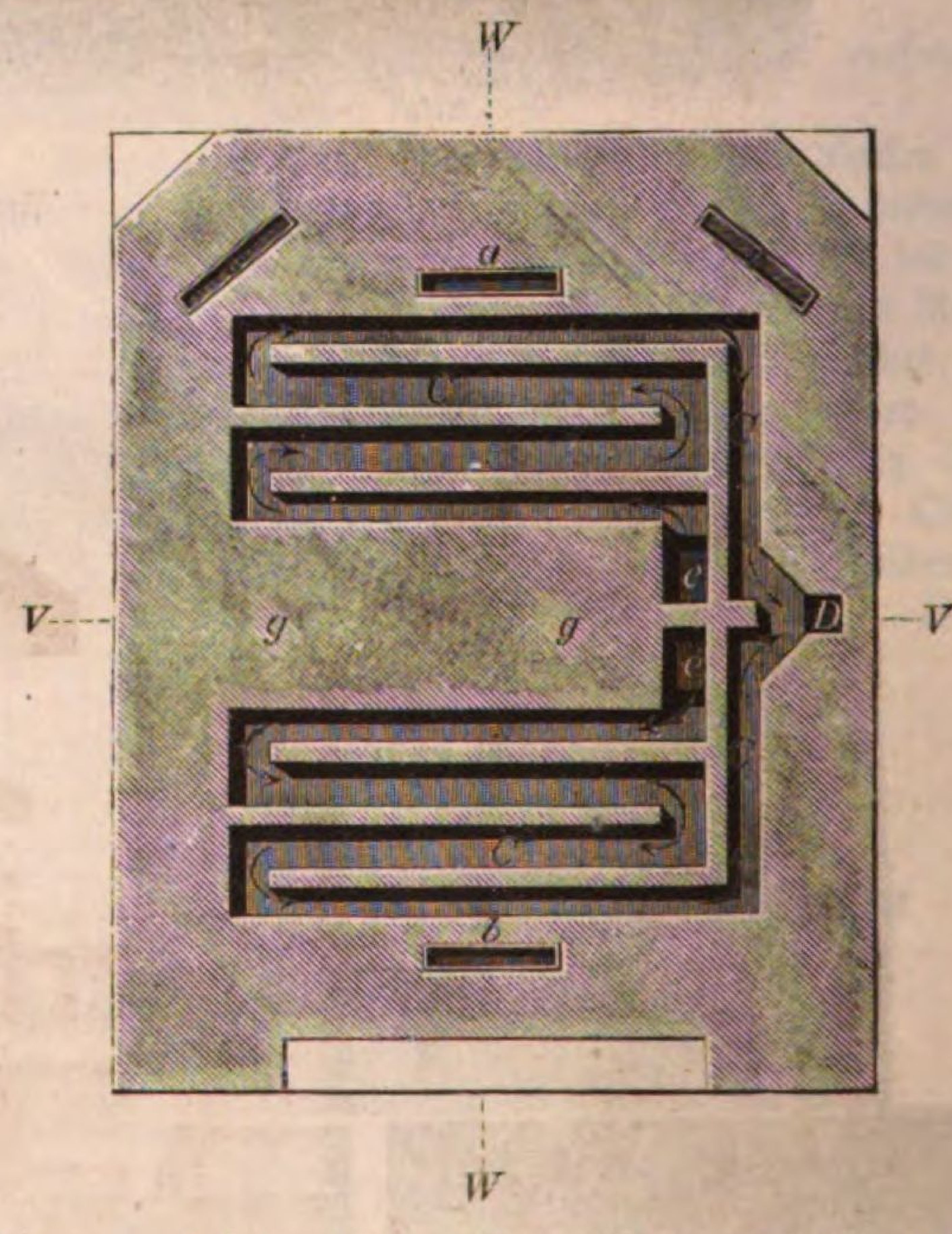


Fig. 371.



dieser Räume werden der Rauch und die heiße Luft durch Zungen gezwungen, den durch die Pfeile angedeuteten Weg zu durchlaufen, bis sie sich endlich wieder vereinigen und gemeinschaftlich in die Esse D entweichen. Unmittelbar darüber liegt der Luftheizungsraum E, dessen Horizontaldurchschnitt Fig. 372 zeigt. Dieser steht durch die Züge cc mit dem Raume B in Verbindung. Die dort erwärmte Luft strömt in diesen von der darunter circulirenden Feuerluft geheizten Raum, wird hier durch die Zungen ii gezwungen, einen weiten Weg zurückzulegen, wobei sie stärker erhitzt wird, und gelangt dann durch die Züge dd in den eigentlichen Backraum F. Außerdem kann man durch den Zug a warme Luft aus dem Raume B in den Backofen leiten. Die ununterbrochen nachströmende warme Luft verdrängt die sich durch das Gebäck mehr und mehr abkühlende Luft und die sich bildenden Wasserdämpfe durch den Zug b, durch den sie in den Raum B zurückkehren, von Neuem erwärmt werden und so immer wieder denselben Kreislauf machen. Die einzelnen Luftzüge sind durch Schieber xx

abzusperren, wodurch man es in seiner Gewalt hat, entweder nur von der in *E* stark erhitzten Luft, oder nur von der Luft aus *B*, oder endlich eine beliebige Mischung von beiden zuzuleiten, je nachdem die Angaben eines im Ofen befindlichen Thermometers das Eine oder das Andere erforderlich scheinen lassen. *G* ist ein über dem Ofen befindlicher überwölbter Raum, welcher die Ausstrahlung der Wärme möglichst verringern soll. *pp* (Fig. 367 u. 373) die beiden Mundlöcher des Ofens, die durch Thüren dicht verschließbar sind. Unmittelbar daneben ist ein aus beweglichen Theilen zusammengesetztes Gasleitungsrohr, welches man während des Einschießens des Teiges und des Herausnehmens der Bröte in den Ofen führt und diesen durch die Gasflamme erleuchtet. *K* in Fig. 367 ist ein Mantel von Eisenblech, durch den beim Entleeren die aus dem Ofen ausströmende Hitze und der Wasserdampf ins Freie entweicht.

Der Ofen wird zunächst auf die Temperatur von 300° C. gebracht und mit Brotlaiben gefüllt. Man schließt dann die Züge *d*, um ein zu rasches Erhitzen des Teiges zu vermeiden. Sobald die Temperatur aber auf 290° gefallen ist, öffnet man diese Züge wieder und

Fig. 372.

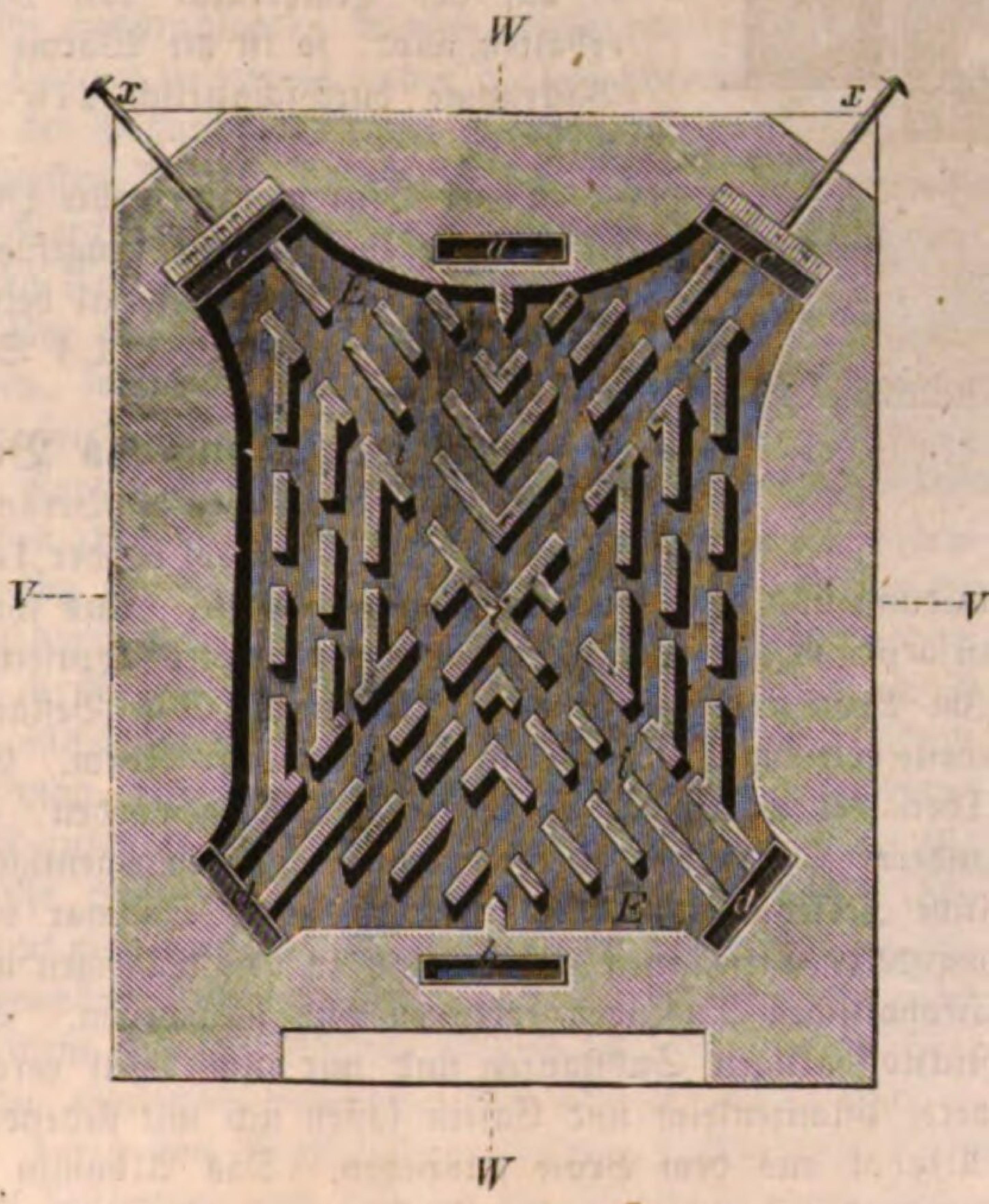
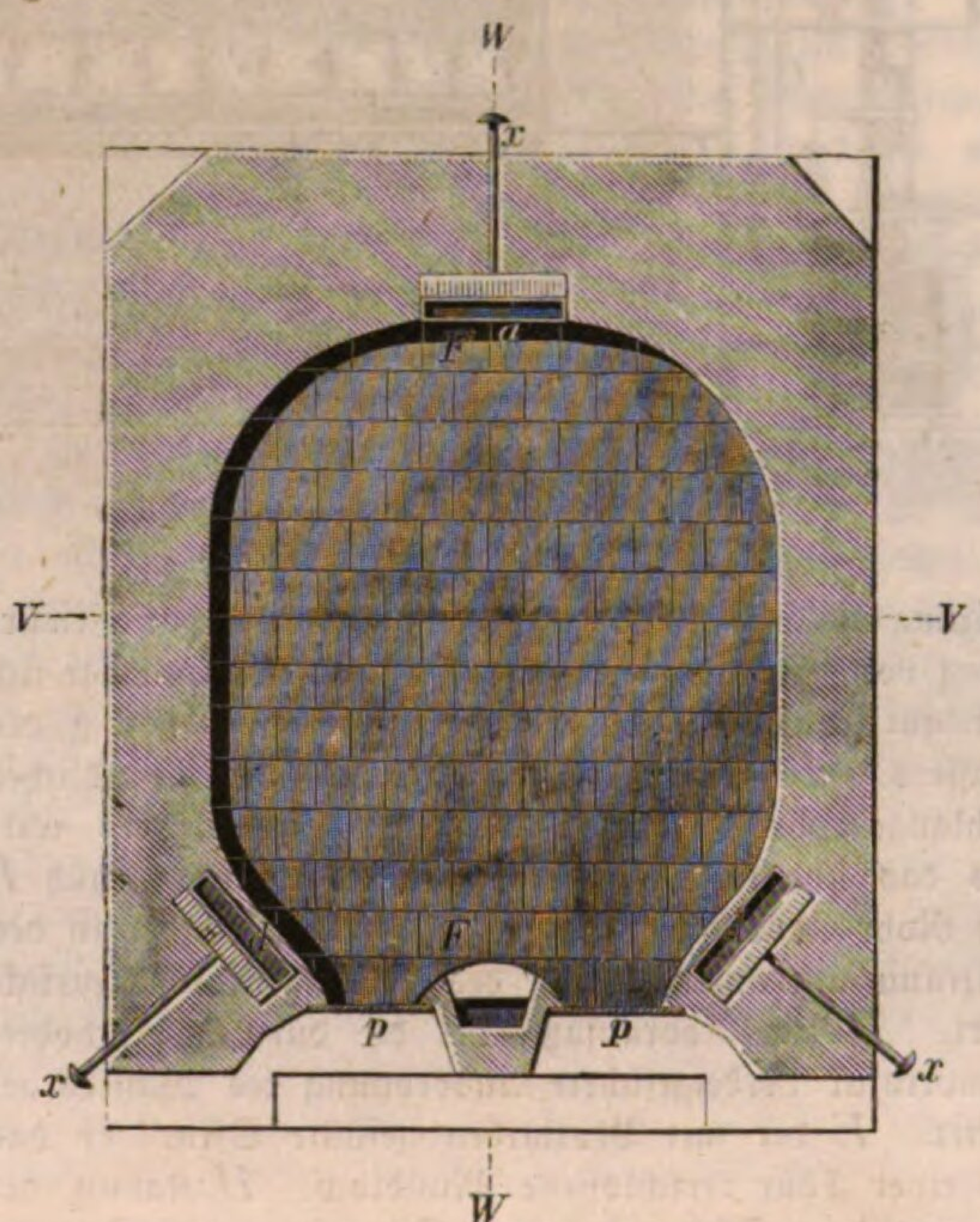


Fig. 373.

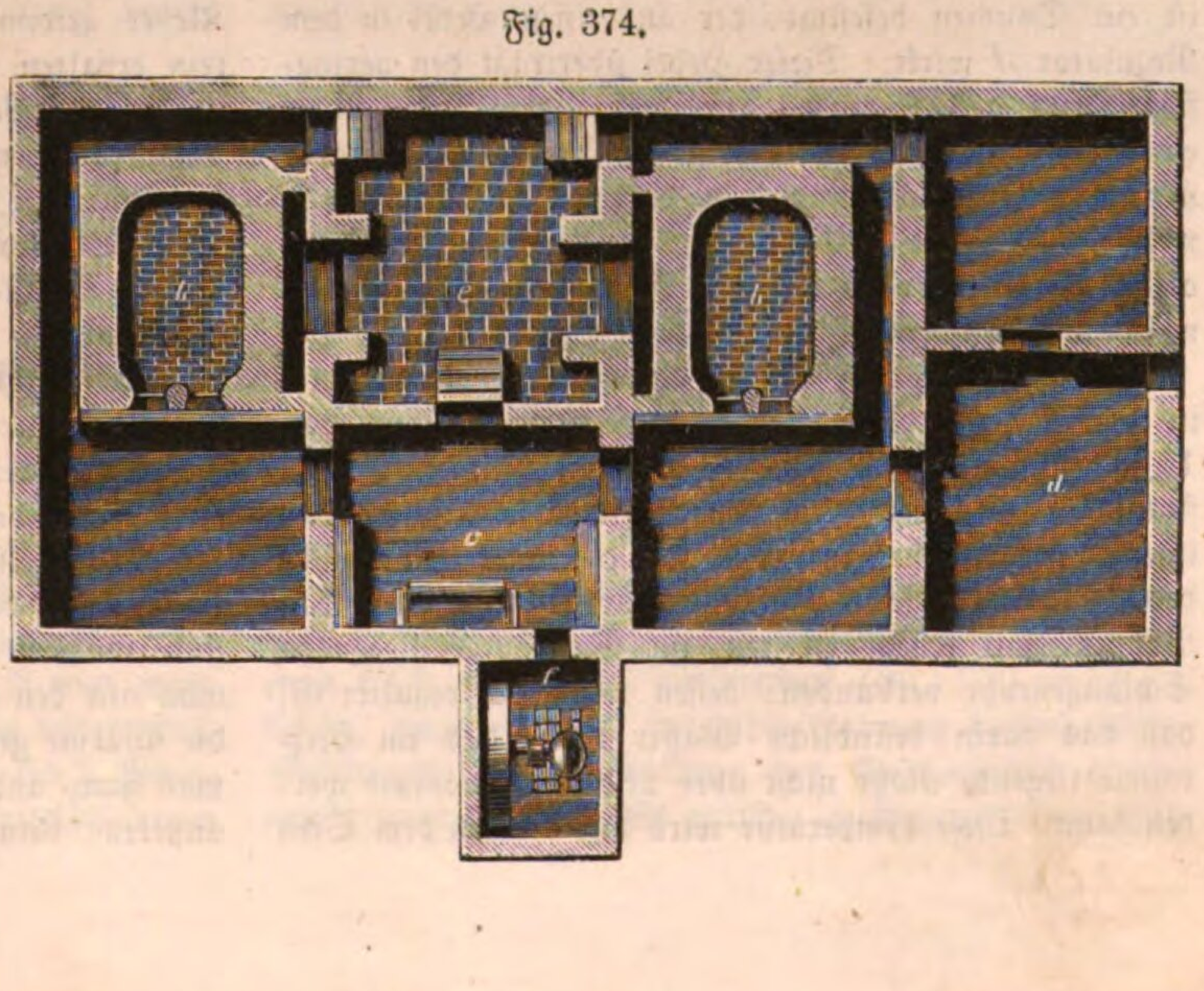


sucht dann während des Backens die Wärme so genau wie möglich bei 300° zu erhalten. Der Ofen faßt den Teig zu 300 Kilogr. Brot in Laiben von 1 Kilogr., diese erfordern zum Backen 27 Minuten, 10 Minuten sind zum Füllen, 10 Minuten zum Entleeren des Ofens erforderlich, so daß man also in 47 Minuten 300 Brotlaibe fertig machen kann. Rechnet man auch für jedes Gebäck eine Stunde, und statt 300 auch nur 260 Brotlaibe, so können mit diesem Ofen in 24 Stunden immerhin 6240 Kilogr. oder 12480 Pfd. Brot gebacken werden.

Fig. 374 ist ein Grundriß des Backhauses von Mouchot in Paris in der Höhe der Backofensohlen. *bb* sind die beiden Oefen, *e* ein zwischen beiden liegender Raum, von welchem die Feuerungen beschickt werden. *c* die in Fig. 316 in den Details dargestellte Knetmaschine, *f* ein Tretrad, welches durch Hunde getrieben wird und die Knetmaschine in Bewegung setzt. *d* ein Raum, in welchen das fertige Brot durch einen Aufzug in das höher gelegene Magazin geschafft wird.

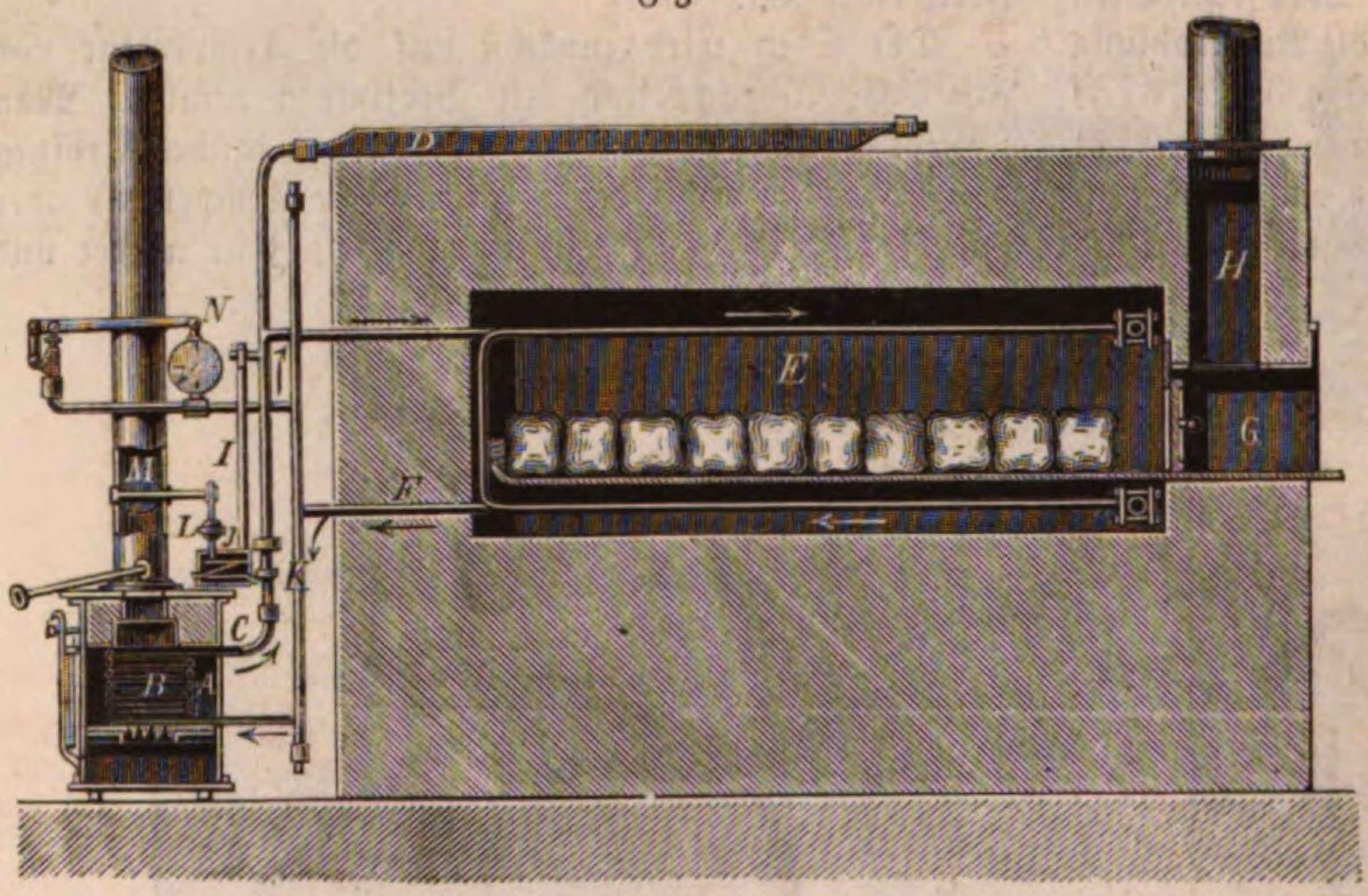
Von all den vielen sonstigen Oefen mag nur noch

Fig. 374.



der von **Perkins** erwähnt werden. Er wird durch überhitztes Wasser, welches in starken eisernen Röhren im Innern des Ofens circulirt, geheizt. Fig. 375 ist ein Verticaldurchschnitt desselben. Dieselbe Methode der

Fig. 375.



Heizung ist jetzt in England schon vielfach zur Erwärmung von Wohnungen u. dergl. angewandt und hat sich sehr gut bewährt. *A* ist der Ofen zur Heizung des Wassers. *B* ein eisernes in diesem Ofen befindliches Schlangenrohr. *C* die Verlängerung des Rohres, welches das überhitzte Wasser in den Ofen führt, und *F* das Rohr, durch welches das abgekühlte Wasser in den Heizraum am unteren Ende des Schlangenrohres zurückkehrt. *D* ein Rohransatz, der die durch die erhöhete Temperatur herbeigeführte Ausdehnung des Wassers gestattet. *E* der mit Brotlaiben gefüllte Ofen. *G* das mit einer Thür verschlossene Mundloch. *H* Kamin, der die aus dem Ofen dringenden Dämpfe in den Schornstein leitet.

I ist ein eiserner Stab, der an seinem oberen Ende an dem Rohre *C* befestigt ist und unten eine Nuß *K* trägt, die frei auf demselben Rohre gleitet. An letzterer ist ein Daumen befestigt, der auf einen Hebel in dem Regulator *J* wirkt. Dieser Hebel überträgt den geringsten Druck des Daumens auf zwei andere Hebel unter einer der Länge der Hebelarme entsprechenden Vergrößerung des Drucks und hebt dadurch die Stange *L*, welche das Ventil *M* im Schornstein des Heizungsofens verschließt oder öffnet. *N* ist eine Vorrichtung, welche die Temperatur des Wassers anzeigt.

Der Heizungsofen besteht aus starkem Mauerwerk, in ihm ist die Schlange von schmiedeeisernen Röhren von 1 Zoll äußerem und 5/8 Zoll innerem Durchmesser befindlich. Die Länge dieser Röhren wird so regulirt, daß ihre Oberfläche eben so groß, wie die innere Oberfläche des Ofens ist. Dieses Schlangenrohr ist dann durch das Rohr *C* mit einem zweiten im Backraume liegenden Schlangenrohr verbunden, dessen Länge so regulirt ist, daß das darin befindliche Wasser durch das im Heizraume liegende Rohr nicht über 288° C. erwärmt werden kann. Diese Temperatur wird durch einen dem Ofen eigenthümlichen Regulator genau erhalten. Der Regulator wirkt durch die, durch die Erwärmung herbeigeführte Ausdehnung der Steigröhre *C*, indem der Daumen an der Nuß so gestellt ist, daß die Hebel, wenn das Rohr sich durch höhere Erhitzung nur um 1/36 Zoll mehr ausdehnt, sofort den Zug des Feuers abschließen und dieses also ersticken, während bei abnehmender Temperatur das Ventil im Schornstein sich von selbst wieder öffnet und das Feuer durch die frei zutretende Luft wieder belebt wird. Wenn das Wasser im Rohre *C* auf der Temperatur von 288° erhalten wird, so ist die Wärme im Backraume durchschnittlich 216 bis 232° C.

Dieser Ofen war im Jahre 1858 in zwei großen Bäckereien eingeführt; der Bedarf an Brennmaterial betrug dort für 100 Pfd. Brot 1,4 Sgr.

Zusammensetzung des Brotes. Es sind schon oben die Veränderungen, welche das Mehl bei der Teigbildung und beim Backen erleidet, erwähnt. Aus ihnen ist a priori die Zusammensetzung des Brotes abzuleiten. Im Brote finden sich im Wesentlichen dieselben Bestandtheile wie im Mehle, jedoch in veränderter Form. Ein Theil der Stärke ist in Wasser löslich geworden, ein anderer Theil ist in Dextrin, ein anderer in eigenthümliche Zersetzungsproducte, in sogenanntes Ossamar verwandelt. Diese lassen sich deutlich in den wäßrigen und alkoholischen Auszügen erkennen und nachweisen. Die stickstoffhaltigen Substanzen sind nur zum Theil verändert, Pflanzenleim und Casein lassen sich mit siedendem Alkohol aus dem Brote ausziehen. Das Albumin ist durch die Temperatur des Backens coagulirt und also unlöslich. Das Fibrin ist so innig mit dem aufgequollenen Stärkemehl verbunden, daß weder das eine noch das andere wieder vollständig abgeschieden werden kann. Durch Kneten mit Wasser läßt sich aus dem Brot kein Kleber gewinnen, ebenso wenig kann man den Kleber rein erhalten, indem man das Brot mit Malzaufguß bis zu der zur Verzuckerung des Stärkemehls erforderlichen Temperatur erwärmt, es bleibt dabei immer eine Substanz zurück, die nach **Bibra** nicht mehr als 8 bis 9 Proc. Stickstoff enthält, während der reine Kleber 15,5 Proc. Stickstoff hat, also noch mit Stärkemehl vermischt ist.

Die Kruste unterscheidet sich von der Brotkrume wesentlich durch ihren geringeren Wassergehalt, sie enthält dagegen mehr Dextrin und lösliche Stärke wie die Krume. Ueber das qualitative Verhältniß der Kruste zur Krume ist es sehr schwer irgend welche Angaben zu machen, da beide nicht scharf von einander getrennt sind, sondern allmälig in einander übergehen. Betrachtet man nur den Theil des Brots als Kruste, welcher durch die Wärme gebräunt oder gelblich gefärbt ist, so wird man ganz andere Zahlen erhalten, als wenn man den äußeren, beim frischen Brote härteren Theil als solche

bezeichnet. Und auch dann, wenn man sich über den Begriff Kruste geeinigt hat, ist ihre scharfe Trennung von der Krume fast eine Unmöglichkeit, da man beim Zerschneiden stets entweder einen Theil der Kruste an der Krume lassen, oder einen Theil der Krume mit zur Kruste nehmen wird. Im Allgemeinen kann man aber annehmen, daß das Verhältniß beider wesentlich durch die Form und Größe der Bröte und durch die Temperatur beim Backen bedingt sei. Ein scharf ausgebackenes Brot giebt eine größere Menge Kruste wie schwach gebackenes, größere Bröte weniger wie kleinere, weil eben die Bildung der Kruste nur an der Oberfläche stattfinden kann und natürlich um so mehr Kruste gebildet werden muß, je mehr Brotoberfläche der vom Gewölbe ausstrahlenden Wärme ausgesetzt ist.

Unseres Erachtens haben die gesonderten Bestimmungen der Bestandtheile jedes Theils des Brotes nicht den geringsten Werth, sobald es sich um die Bestimmung des Nahrungswerthes handelt — macht doch der Magen keinen Unterschied zwischen Kruste und Krume!

Um durch die Analyse die Zusammensetzung festzustellen, sollte man immer nur ganze Bröte anwenden oder sonst solche Bruchstücke, welche genau der Form des Brotes entsprechen. Wollte man z. B. aus einem großen abgeplattet runden Brote in der Mitte eine dünne Scheibe zur Untersuchung herausschneiden, so würde man darin ein ganz anderes Verhältniß zwischen Krume und Kruste als im Brote haben und also wenigstens einen nicht absolut richtigen Wassergehalt finden. Trocknet man das gewogene und in Scheiben geschnittene Brot zunächst bei 50 bis 60°, so wird es bald so viel Wasser verlieren, daß es hart und spröde wird, bestimmt man dann das Gewicht des als lufttrocken zu bezeichnenden Brotes, pulvert das Ganze möglichst rasch in einem eisernen Mörser, so kann man dann von dieser genau gemischten Substanz eine kleine Probe nehmen und darin den Wassergehalt durch Trocknen bei 100° leicht bestimmen und darnach die Berechnung auf frische Brotsubstanz vornehmen. Die als lufttrocken bezeichnete Substanz, deren Wassergehalt man kennt, dient am besten zur Bestimmung des Stickstoffgehalts ꝛc.

Der Wassergehalt des Brotes variirt innerhalb gewisser Grenzen ziemlich beträchtlich. Es hängt davon ab, wie das Verhältniß von Wasser und Mehl beim Einteigen genommen ist, wie die Temperatur des Backens gehalten ist, endlich aber auch sehr von der Beschaffenheit des Mehles. Ein sehr kleberreiches Mehl verträgt beim Einteigen einen größeren Zusatz von Wasser als kleberarmes Mehl und das aus ersterem bereitete Brot wird dennoch, obgleich es procentisch mehr Wasser enthält, beim Anfühlen und im Geschmack weniger wäßrig erscheinen, weil eben der Kleber das Wasser so fest bindet, daß es durch Gefühl und Geschmack nicht wahrgenommen werden kann. Bei kleberarmem Mehl, und namentlich wenn beim Einteigen und Backen nicht mit aller Sorgfalt verfahren ist, wird das Brot leicht feucht, schwer und dicht erscheinen.

Diese durch die Bereitung hervorgerufenen Verschiedenheiten in der äußeren Beschaffenheit des Brotes erschweren die Bestimmung des Nahrungswerthes ungemein, und es ist absolut unmöglich, diesen bloß aus der chemischen Zusammensetzung abzuleiten. Man nimmt an, daß der Nahrungswerth in demselben Verhältniß wie der Stickstoffgehalt, als Repräsentant der plastischen Nährstoffe, stehe.

Bei Bröten von gleicher äußeren Beschaffenheit ist dieses unbedingt richtig. Es ist jedoch irrig, nur aus dem Stickstoffgehalt einen unbedingten Schluß ziehen zu wollen. Ein sehr stickstoffreiches Brot, welches fehlerhaft gebacken ist, dessen Teig nicht gehörig vergohren ist, ist unbedingt weniger nahrhaft, als ein stickstoffärmeres aber sonst tadelloses Brot. Gerade nur durch die möglichste Lockerung des Teiges wird dieser für den Speichel und die Magensäfte durchdringlich und leicht verdaulich, die leichte Verdaulichkeit ist es aber, welche den Nahrungswerth bestimmt. Jedes dichte schwere Brot verursacht die größte Anstrengung der Verdauungsorgane, es liegt, wie man sagt, schwer im Magen und kann nie im Organismus gehörig ausgenutzt werden, sondern verläßt den Magen, wenn nicht dem betreffenden Individuum eine äußerst robuste Alles verdauende Constitution eigen ist, in halb verdauter Form und veranlaßt die größten Belästigungen auf seinem Wege durch den Darmcanal.

Der Wassergehalt verschiedener würtembergischer Bröte wurde von v. Fehling bestimmt. Er fand darin:

	Wassergehalt. Krume. Proc.	Kruste. Proc.	Ganzes Brot. Proc.
1) Sechspfündiges Laib, weißes Brot	49,6	19,3	47,1
2) Dreipfündige Laibe, weißes Brot	48,4	16,5	44,3
„ „ „ „	47,9	12,5	42,8
„ „ „ „	48,2	15,2	41,8
„ „ „ „	49,3	21,0	46,2
„ „ schwarzes Brot	50,3	18,8	44,2
„ „ „ „	49,3	9,9	43,2
„ „ „ „	49,3	17,9	44,1
3) Anderthalbpfündiges Laib, weißes Brot	48,7	16,5	45,4
4) Einpfündiges Laib, weißes Brot	48,2	14,7	43,9

Der Wassergehalt dieser Bröte ist auffallend hoch, doch soll nach v. Fehling schon Brot abgegeben sein, dessen Krume 54 Proc. Wasser enthält. Nimmt man den Durchschnitt der sämmtlichen Zahlen, so besteht das ganze Brot aus 44,3 Proc. Wasser und 55,7 Proc. Trockensubstanz. Da das Mehl durchschnittlich etwa 14 Proc. Wasser und 86 Proc. Trockensubstanz enthält, so würden die 55,7 Pfd. Trockensubstanz des Brotes etwa 64,8 Pfd. Mehl entsprechen (86 : 100 = 55,7 : 64,8), wozu noch der durch die Gährung herbeigeführte Substanzverlust mit 2 Proc. des Mehlgewichts hinzuaddirt werden muß. Es würden mithin zur Erzeugung

von 100 Pfd. dieses Brotes 66,1 Pfd. Mehl verwandt sein, oder 100 Pfd. Mehl hätten 151 Pfd. Brot geliefert, — eine Ausbeute, die die gewöhnlich angenommene um circa 20 Proc. übersteigt.

Die gewöhnlichen Schwankungen in der Brotausbeute liegen zwischen 125 und 130 Pfd. Brot von 100 Pfd. Weizenmehl. Englische Bäcker nehmen allgemein an, daß 100 Pfd. Mehl 128 Pfd. tadelloses, gut ausgebackenes Brot in vierpfündigen Laiben giebt. Bei einem Wassergehalt des Mehles von 14 Proc. und einem Substanzverlust von 2 Proc. müßten demnach 128 Pfd. Brot 84 Pfd. Trockensubstanz enthalten oder das Brot 65,6 Proc. Trockensubstanz und 34,4 Proc. Wasser. Hiermit in voller Uebereinstimmung sind die oben angeführten Bestimmungen des französischen Brotes, welches 34,9 resp. 34,1 Proc. Wasser enthält.

Nach Rivot erhält man in Paris aus 100 Kilogr. Mehl mit einem Wassergehalt von 17 Proc. folgende Quantitäten von Brot, gewogen 18 Stunden nach der Herausnahme aus dem Ofen.

125 bis 130	Kilogr.,	Laibe von 2 Kilogr., sog. Maurerbröte.
120 „ 125	„	„ „ 2 „ „ Phantasiebröte.
112 „ 122	„	sehr lange Laibe, Brot der Weinwirthe.
120 „ 128	„	runde Bröte, Rondins.
125 „ 135	„	Laibe von 2 Kilogr., Miches.

Rivot untersuchte eine große Anzahl französischer Bröte, die Resultate seiner Analysen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Resultate der Untersuchung von 21 Bröten.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Gewicht der Bröte in Grammen	1920	1935	1965	1885	1892	1910	398	880	851	1545	1783
Verhältniß der Rinde zur Krume	0,429	0,386	0,475	0,335	0,329	0,290	0,811	0,675	0,809	0,773	0,555
In 100 Brot { Krume	70,00	72,61	67,78	74,90	75,24	77,52	55,22	59,68	55,28	56,39	64,31
In 100 Brot { Rinde	30,00	27,84	32,22	25,10	24,76	22,48	44,78	40,32	44,72	43,61	35,69
Hygroskopisches Wasser { Krume	42,50	42,80	44,80	43,90	44,00	41,50	40,49	42,06	42,83	41,18	43,51
Hygroskopisches Wasser { Rinde	18,10	19,00	19,60	18,70	16,60	16,40	16,94	19,25	20,70	18,85	19,00
Hygroskopisches Wasser { Brot	35,20	36,00	36,60	37,50	37,40	35,70	30,00	33,30	32,69	31,44	34,44
a. Trockne Substanz in 100 Th. Brot	64,80	64,90	63,40	62,50	62,60	64,30	70,00	66,70	67,31	68,56	65,56
Asche in 100 Th. { Krume	0,606	0,594	0,545	0,550	0,712	0,533	0,590	0,542	0,521	0,580	0,519
Asche in 100 Th. { Rinde	0,909	0,921	0,866	0,885	1,122	0,849	0,883	0,815	0,811	0,913	0,796
Asche in 100 Th. { Brot	0,697	0,685	0,647	0,620	0,814	0,604	0,722	0,658	0,651	0,725	0,610
Verhältniß der Asche der Rinde zur Krume 1 :	1,500	1,550	1,589	1,600	1,575	1,591	1,496	1,503	1,556	1,574	1,533
b. Trocknes Mehl für 100 Brot	66,10	66,00	66,06	64,52	64,05	66,26	72,78	69,75	71,21	73,54	67,25
Differenz b — a	1,30	2,06	2,76	2,02	1,45	1,96	2,78	3,05	3,90	4,98	1,69
Gewöhnliches Mehl für 100 Brot	79,62	79,50	79,71	77,72	77,16	79,83	87,68	84,03	85,79	88,60	81,02
Ausbeute von 100 Mehl	125,60	125,70	125,45	128,65	129,60	125,26	114,00	119,00	116,55	112,86	123,42

	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Gewicht der Bröte in Grammen	1529	2011	1950	1998	1983	1983	1627	1665	1796	1829
Verhältniß der Rinde zur Krume	0,451	0,479	0,560	0,391	0,492	0,478	0,493	0,584	0,464	0,364
In 100 Brot { Krume	68,90	67,61	64,10	71,24	67,11	67,65	66,67	63,17	68,30	73,31
In 100 Brot { Rinde	31,10	32,39	35,90	28,06	32,89	32,35	33,03	36,83	31,70	26,69
Hygroskopisches Wasser { Krume	41,10	40,45	41,85	47,52	43,88	44,06	42,65	42,85	46,03	47,11
Hygroskopisches Wasser { Rinde	17,67	18,55	19,00	19,42	20,00	19,80	17,83	17,77	27,44	22,16
Hygroskopisches Wasser { Brot	33,79	33,47	33,64	39,63	35,75	36,22	34,45	33,60	40,01	40,44
a. Trockne Substanz in 100 Th. Brot	66,21	66,53	66,36	60,37	64,25	63,78	65,55	66,40	59,99	59,56
Asche in 100 Th. { Krume	0,541	0,500	0,487	0,591	0,500	0,723	0,719	0,724	0,708	0,589
Asche in 100 Th. { Rinde	0,833	0,688	0,712	0,806	0,697	1,036	1,066	1,101	0,822	0,833
Asche in 100 Th. { Brot	0,632	0,560	0,568	0,655	0,566	0,824	0,834	0,863	0,744	0,654
Verhältniß der Asche der Rinde zur Krume 1 :	1,539	1,376	1,462	1,532	1,394	1,432	1,482	1,520	1,161	1,414
b. Trocknes Mehl für 100 Brot	68,77	67,83	67,82	58,00	63,39	63,77	66,48	68,08	56,72	58,73
Differenz b — a	2,56	1,30	1,46	2,37	0,86	0,01	0,93	1,68	3,27	0,83
Gewöhnliches Mehl für 100 Brot	80,90	79,83	79,78	68,00	74,57	75,00	78,20	80,00	67,52	70,00
Ausbeute von 100 Mehl	124,00	125,25	125,35	147,00	134,00	133,00	127,87	125,00	148,00	142,85

1) bis 6) sind gut gebackene Maurerbröte, von verschiedenen Pariser Bäckern genommen. Die zu den Versuchen verwendeten Bröte waren seit 18 bis 20 Stunden aus dem Ofen genommen. Das zu ihrer Bereitung angewendete gute Weizenmehl enthielt 17 Proc. Wasser. 7) ist ein schwach gebackenes länglich rundes Brot (rondin). 8) ist ein etwas zu stark gebackenes länglich rundes Brot, die Rinde stellenweise verbrannt. 9) ist ein gut gebackenes gespaltenes Brot. Die Rinde fest, ohne verbrannt zu sein. 10) ist ein Weinwirthsbrot, die Rinde wenig gefärbt, der Geschmack ist sehr gut. 11) ist ein gut gebackenes langes Rundbrot. 7) bis 11) scheinen aus Weizenmehl ohne Beimengung gebacken worden zu sein. Es wurden, wie für die weißen

Bröte, 17 Proc. Wasser im Mehle angenommen. 12) bis 19) sind Laibe (miches) aus Gemengen von Weizenmehl und von amerikanischem Mehl, welches ein wenig Maismehl enthält. Dasselbe war bei 12) bis 14) von ziemlich guter Beschaffenheit, bei den anderen aber gegohren. 18) und 19) wurden langsam gebacken und blieben eine ganze Stunde im Ofen. Sie haben eine sehr dicke Rinde und eine etwas trockne Krume. Da die amerikanischen Mehle 13 bis 14 Proc. Wasser enthalten, so wurden für das gemischte Mehl 15 Proc. Wasser den Berechnungen zu Grunde gelegt. 20) und 21) sind Maurerbröte, aus mit Roggenmehl gemengtem Weizenmehle gebacken, welches 16 Proc. hygroskopisches Wasser enthält.

Die Aschen von 10 Maurerbröten von verschiedenen Bäckern hatten folgende Zusammensetzung:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Aschengehalt in 100 Th. Brot	0,705	0,621	0,639	0,783	0,628	0,676	0,600	0,711	0,613	0,655
Procentische Zusammensetzung der Asche:										
Salzsäure	6,5	1,8	4,6	6,3	3,8	3,4	3,9	3,4	4,8	4,7
Schwefelsäure	1,0	0,7	0,8	1,1	0,8	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9
Phosphorsäure	50,0	45,7	43,1	49,7	43,4	45,2	43,8	46,8	44,3	43,2
Kohlensäure	—	—	—	—	—	—	0,3	—	1,9	—
Kieselsäure	1,6	1,7	1,5	1,6	1,5	1,8	1,9	2,3	1,4	1,5
Sand und Thon	4,0	4,4	2,8	4,1	2,8	3,4	2,1	5,3	4,8	2,6
Alkalien	21,1	26,5	25,1	21,3	28,0	27,8	27,2	23,6	21,2	24,6
Kalk	11,1	15,9	15,6	11,2	14,5	15,2	14,4	14,5	16,2	15,5
Eisenoxyd	4,3	2,9	6,0	4,2	4,6	2,0	5,1	1,8	2,7	5,7
	99,6	99,6	99,5	99,5	99,4	99,3	99,4	99,4	99,2	98,7
1000 Th. Brot enthalten Kochsalz	0,706	0,174	0,446	0,780	0,409	0,419	0,432	0,433	0,521	0,518

Die in obiger Tabelle angeführten Zahlen für die Menge des zur Brotbereitung verwandten Mehles sind auf das Verhältniß des Aschengehalts der Rinde und Krume basirt, die Methode ist von Rivot folgendermaßen beschrieben.

Man kann annehmen, daß der in den Ofen eingeschlossene Teig ziemlich homogen ist und in allen seinen Theilen nahezu dieselben Mengen organischer Substanz enthält. Die Gleichartigkeit wird durch das Backen, wenigstens unter gewöhnlichen Umständen nicht merklich geändert. Das Verhältniß zwischen den zwei Zahlen, welche den Aschengehalt der Rinde und der Krume ausdrücken, repräsentirt mithin das Mengenverhältniß von Krume, welche der in Rinde verwandelte Theil des Teigs erzeugt haben würde. Multiplicirt man dieses Verhältniß mit dem Mengenverhältniß der in 100 Th. Brot enthaltenen Rinde und addirt das Product zur Krume, so repräsentirt die Summe A die Krume, welche die für 100 Th. Brot verwendete Mehlmenge geliefert haben würde.

Da, wie wir wissen, die Krume durch das Backen keinen merklichen Verlust an organischer Materie erleidet, so kann man annehmen, daß die ausgetrocknete Krume fast genau das zu ihrer Erzeugung verwandte Mehl repräsentirt."

Man sieht, daß Rivot den bei der Gährung des Teigs in Folge der Verwandlung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure eintretenden Verlust nicht in Rechnung zieht, wodurch also sein Resultat nicht absolut genau werden kann.

Wenn man folglich die Summe A, welche man auf Krume berechnetes Brot nennen könnte, mit dem in der Krume enthaltenen Mengenverhältniß trockner Substanz oder trocknen Mehles multiplicirt, so erhält man das Quantum trocknen Mehles, welches 100 Th. Brot gegeben hat.

Dieses Resultat gilt für den hygroskopischen Zustand des Brotes zur Zeit des Versuchs. Um es auf das unmittelbar aus dem Ofen genommene Brot zu berechnen, müßte man das Gewicht des Brotes zu dieser Zeit kennen. Da man das Gewicht des trocknen Mehles kennt, so läßt sich leicht das Mengenverhältniß des gewöhnlichen Mehles und dessen Ausgabe an Brot berechnen, wenn man den hygroskopischen Zustand des Mehles bestimmen könnte.

Wenn z. B. das Mehl 17 Proc. Wasser enthält, so muß man die für das trockne Mehl erhaltene Zahl mit 83 dividiren, um das Quantum Mehl zu erhalten, welches 100 Th. Brot giebt, und dann 1000 dividiren mit diesem Mengenverhältniß des gewöhnlichen Mehles, um für 100 Th. Mehl das Ausgeben an Brot zu erhalten.

Die Vergleichung der zwei Zahlen, welche das Quantum des verwendeten trocknen Mehles und dasjenige der in 100 Th. Brot enthaltenen Trockensubstanz repräsentiren, muß einen Ueberschuß der ersteren geben. Die Differenz repräsentirt, wenn bei den Versuchen richtig verfahren wurde, den Verlust an organischer Substanz während des Backens, welcher ganz der Rindenbildung zuzuschreiben ist.

Eine große Anzahl von Bröten aus den verschiedensten Gegenden, und zu verschiedenen Zeiten gebacken, wurden von v. Bibra untersucht. Da der Wassergehalt bei den zum Theil sehr alten Bröten nicht mehr ihrer ursprünglichen Zusammensetzung entspricht, so sind die in folgender Tabelle zusammengezogenen Analysen einmal nach den direct gefundenen Daten und einmal auf den wasserfreien Zustand des Brotes berechnet, um wenigstens annähernd eine Vergleichung zu ermöglichen.

Brotanalysen von v. Bibra:

	Im natürlichen Zustande.						Wasserfrei.				
	Wasser.	Stickstoffhaltige Substanz.	Gummi, Dextrin u. lösl. Stärke.	Zucker.	Fett.	Stärke.	Stickstoffhaltige Substanz.	Gummi, Dextrin u. lösl. Stärke.	Zucker.	Fett.	Stärke.
1) Krume.	40,600	6,709	8,895	2,480	1,000	40,316	11,296	14,975	4,175	1,683	67,871
1) Rinde .	13,000	9,542	14,000	3,610	0,612	59,236	10,967	16,092	4,149	0,715	68,077
2) Krume.	46,440	9,174	8,250	1,400	0,570	34,166	17,096	15,413	2,613	1,064	63,814
2) Rinde .	12,449	12,735	16,000	4,233	0,550	53,478	14,838	18,275	4,835	0,564	60,842
3) Krume.	45,500	4,975	7,300	1,703	1,000	39,522	9,058	13,394	3,125	1,835	72,588
4) Krume..	42,200	6,548	6,200	1,600	0,900	42,552	11,329	10,726	2,768	1,557	73,620
5)	45,100	5,483	7,355	2,300	0,835	38,927	10,000	13,397	4,189	1,521	70,893
6) Krume..	43,000	4,522	9,400	1,200	0,830	41,048	7,935	16,491	2,105	1,456	72,013
7) Krume..	47,500	4,264	7,100	2,850	0,700	37,586	8,129	13,310	5,428	1,314	71,819
8) Krume..	47,000	3,600	10,100	5,703	0,777	32,820	6,793	19,056	10,960	1,466	61,725
9)	14,000	9,354	4,400	2,000	1,200	69,046	10,903	5,116	2,325	1,395	80,261
10)	15,000	6,851	4,050	1,250	0,997	71,852	8,064	4,763	1,470	1,173	84,530
11)	11,666	5,638	4,300	1,200	1,800	75,396	6,387	4,868	1,358	2,037	85,350
12)	14,000	10,387	11,317	2,500	0,900	60,896	11,741	13,159	2,907	1,046	71,147
13)	14,166	12,580	12,500	0,650	1,900	58,204	14,285	14,563	0,757	1,485	68,910
14)	13,333	9,393	5,250	2,600	0,300	69,124	10,838	6,057	3,000	0,346	79 759
15)	14,200	5,819	7,333	2,500	0,513	69,635	9,806	8,546	2,890	0,598	78,160
16)	11,666	7,541	9,930	1,930	—	69,860	8,541	10,192	2,184	—	79,083
17)	9,160	6,709	13,200	4,500	3,900	62,531	7,354	14,531	4,953	4,233	68,929
18)	11,420	9,425	3,850	1,900	0,730	72,675	11,296	4,363	2,145	0,824	81,372
19)	14,000	11,935	10,500	6,050	1,170	56,345	13,296	12,209	7,035	1,360	66,100
20)	13,333	13,135	13,575	1,850	1,170	56,937	15,161	15,663	2,134	1,350	65,692
21)	11,780	5,613	4,850	3,900	0,500	73,357	6,387	5,497	4,420	0,566	83,130
22)	8,660	8,903	4,250	2,600	10,000	65,587	9,741	4,653	2,846	10,948	71,812
23)	14,166	9,426	6,809	1,600	0,800	67,199	10,993	7,932	1,864	0,930	78,281
24)	12,000	10,734	6,922	3,100	1,603	65,641	11,756	8,093	3,523	1,844	74,784
25)	11,000	7,458	9,452	3,550	0,600	67,940	8,387	10,062	3,988	0,674	76,889
26)	10,000	9,451	11,700	2,202	1,200	65,447	10,451	13,000	2,446	1,333	72,776
27)	10,833	9,425	12,200	3,700	2,900	60,942	10,580	13,682	4,149	3,252	68,337
28)	11,500	7,419	13,622	2,500	0,700	64,259	8,387	15,392	2,825	0,791	72,605
29)	11,650	7,000	14,400	3,000	2,105	61,845	8,541	16,243	3,384	2,374	69,458
30)	13,000	6,580	6,400	4,000	1,300	68,720	7,619	7,356	4,597	1,490	78,934
31)	13,333	9,355	24,500	5,500	0,700	46,612	10,903	28,269	6,345	0,807	53,676
32)	12,000	7,490	11,750	5,500	1,400	61,860	8,512	13,329	6,250	1,590	70,319

1) Weizenbrot aus Nürnberg (Wasserweck). Ganz frisch. Gewicht 90 Grm. Backzeit 20 Minuten. Gährung mit Hefe. Neutral. 2) Reines Roggenbrot aus derselben Bäckerei. Rinde schwarzbraun, Krume ziemlich dunkel. Ganz frisch. Gewicht 4344 Grm. Backzeit zwei Stunden. Sauer. 3) bis 5) Weizenbrot aus verschiedenen Bäckereien in Nürnberg (Wasserweck). Ganz frisch. Gewicht 81, 79,5, 81 Grm. 3 sehr schwach sauer, 4 und 5 neutral. 6) und 7) Roggenbrot aus der Nähe von Nürnberg. Einen Tag alt. Sauer. 8) Roggenbrot aus Unterfranken. Drei Tage alt. Sauer. 9) Weizenbrot aus Andalusien. Schwach sauer. 10) Weizenbrot aus Madrid. Neutral. 11) Weizenbrot aus Burgos. 12) Weizenbrot aus Petersburg. 13) Weizenbrot aus Petersburg. Ohne Zweifel mit Milch, wahrscheinlich auch unter Zusatz von Butter bereitet. 14) Weizenbrot aus Bern. Neutral. Enthält auffallend viel Kochsalz. 15) Weizenbrot aus Zürich. Neutral. 16) Weizenbrot vom Jahre 1816 und 1817. Neutral. 17) Pumpernickel aus Westphalen. Sauer. Etwas Kleie enthaltend. 18) Weizenzwieback aus Hamburg. Neutral. 19) Roggenzwieback aus Bremen. Sehr schwach sauer. 20) Roggenzwieback aus Hamburg. Sauer. 21) Gerstenbrot aus Niederbaiern. Schwach sauer. 22) Haferbrot aus dem Spessart. Sauer. Von schlechtem Geschmack. Auffallend hoher Fettgehalt, der nicht durch künstlichen Zusatz herbeigeführt ist. Das 14 Tage alte Brot war so spröde, daß es nicht von einer Stelle zur andern zu bringen war, ohne in Stücke zu zerfallen. 23) Feines Roggenbrot aus Stockholm. Kuchen mit einem Loch in der Mitte. Durchmesser 8 Zoll, Dicke 1 Zoll. Weiß und dem Geschmack nach unserem Weizenbrot ähnlich. Sauer. 24) Gemeines Speisebrot der Arbeiter aus Stockholm. Durchmesser 9 Zoll. Dicke 3 Linien. Dunkelbraun. Geschmack nicht schlecht. Sauer. Kleiehaltig. 25) Gemeiner Roggenkuchen aus Stockholm. Durchmesser 6 Zoll. Dicke 5 bis 6 Linien. Schwarzbraun. Schwer. Viel Kleie enthaltend. Schimmlig. Geschmack schlecht. Sauer. 26) Feines Roggenbrot aus Upsala. Hellbraun. Anis enthaltend. Neutral. 27) Feines Brot aus Weizen, Gerste, Roggen aus Norra Angermanland. Durchmesser 12 bis 14 Zoll. Dicke 1 Linie. Blasig. Gelblich. Anis enthaltend. Geschmack nicht schlecht, süßlich. Sauer. 28) Gewöhnliches Brot aus Norra Angermanland. Durchmesser

12 bis 14 Zoll. Dicke $1^1/_2$ Linien. Braun. Nicht sehr blasig. Kleie und einzelne Spelze enthaltend. Geschmack gut. Sauer. 29) Gewöhnliches Brot aus Gerste oder Roggen aus Norra Angermanland. Größe wie 28. Bräunlich. Sauer. 30) Dünnbrot, Gerstenmehl, Wasser. Aus Norra Angermanland. Große über 16 Zoll im Durchmesser haltende Fladen von der Dicke eines starken Packpapiers und nach Art eines Filters zusammengeschlagen. Weiß. Geschmack nicht zu empfehlen. Neutral. 31) Feines Roggenbrot aus Dalekarlien. Graubraun. Kleie enthaltend. Geschmack gut. Sehr schwach sauer. 32) Knäke-Bröt. Hellbräunlich. Stark blasig. Anisgeruch. Neutral.

33) Knochenbrot aus Delekarlien. Dicke 1 Linie. Graubraun. Knochentheile deutlich ersichtlich. Geschmack kaum an Brot erinnernd.

		Wasserfrei.
Wasser	10,000	—
Stickstoffhaltige Substanz	11,322	12,587
Nur in Wasser löslicher Theil des Wasserauszugs	8,666	9,629
In Wasser und Alkohol löslicher Theil des Wasserauszugs	4,334	4,815
Knochenpulver und Stärke	65,678	72,969

34) Rindenbrot (Föhrenrinde und Roggen), Norra Angermanland. Braun. Geschmack bitter. Neutral.

		Wasserfrei.
Wasser	13,000	—
Stickstoffhaltige Substanz	4,490	5,160
Alkoholauszug	5,910	6,770
Dextrin und Gummi	6,200	7,126
Zucker	4,500	5,172
Fett und Harz	6,300	7,252
Stärke und Holzfaser	59,600	68,520

Aus dem Stickstoffgehalt läßt sich schließen, daß ein Drittel des Brotes aus Föhrenrinde besteht.

35) Rindenbrot aus Delekarlien. Dunkelbraun. Geschmack rein holzig. Neutral.

		Wasserfrei.
Wasser	12,000	—
Stickstoffhaltige Substanz	4,613	5,245
Nur in Wasser lösliche Theile des Wasserauszugs	7,225	8,210
In Wasser und Alkohol lösliche Theile des Wasserauszugs	1,000	1,135
Holzfaser und Stärke	75,162	85,410

36) Hungersnothbrot, Stroh, Rinden. Grünlich gelbe Farbe. Gleicht den ausgetrockneten Excrementen größerer Pflanzenfresser. Unter dem Mikroskope waren Stroh und Spelze neben wenigen Stärkekörnern zu entdecken. Reiner Strohgeschmack. Sauer.

		Wasserfrei.
Wasser	13,333	—
Stickstoffhaltige Substanz	9,438	10,890
Nur in Wasser löslicher Theil des Wasserauszugs	3,425	3,951
In Wasser und Alkohol löslicher Theil des Wasserauszugs	0,075	0,085
Stroh, Stärke	73,729	85,073

Der Stickstoffgehalt verschiedener Commißbröte wurde von Poggiale bestimmt und darnach der Gehalt an plastischen Nährstoffen berechnet. Es ergaben diese Untersuchungen folgende Resultate:

	Stickstoffgehalt des bei 120° getrockneten Brotes.	Plastischer Nährstoff.
Commißbrot von Paris	2,26	14,69
„ „ Baden	2,24	14,56
„ „ Piemont	2,19	14,23
„ „ Belgien	2,08	13,52
„ „ Holland	2,07	13,45
„ „ Würtemberg	2,06	13,39
„ „ Oesterreich	1,58	10,27
„ „ Spanien	1,57	10,20
„ „ Frankfurt a. M.	1,44	9,36
„ „ Baiern	1,32	8,73
„ „ Preußen	1,12	7,28

Wenn diese Zahlen richtig sind, woran zu zweifeln kein Grund ist, so müßte der französische Soldat doppelt so gut ernährt werden wie der preußische.

Verfälschungen des Mehles und des Brotes.

Die Beimengungen, welche dem Mehl oder Brot zugesetzt werden, sind verschiedener Art. Es wird ein Theil des theureren Mehles durch geringere Mehlsorten zu ersetzen gesucht; so wird Weizenmehl mit Kartoffelstärke, Reis-, Mais-, Roggen-, Bohnenmehl 2c.; Roggenmehl mit Gersten- oder Leinsamenmehl vermischt; außerdem finden sich aber auch manchmal betrügerischer Weise anorganische Substanzen, wie Knochenerde, Gips, Kreide, kohlensaure Magnesia, beigemengt, um so das Gewicht des Mehles oder Brotes zu erhöhen; zur scheinbaren Verbesserung geringwerthiger Mehle setzt man beim Backen Alaun und Kupfervitriol zu; endlich ist das Vorkommen des schädlichen Mutterkornes im Roggenmehle zu berücksichtigen. Alle diese Beimischungen lassen sich, mit Ausnahme der anorganischen Substanzen nur vorzugsweise im Mehle nachweisen, ihre Entdeckung im Brot ist immer mit einigen Schwierigkeiten verknüpft.

Die Entdeckung fremder Mehlarten geschieht am leichtesten durch mikroskopische Untersuchungen. So entdeckt man Kartoffelstärke, indem man das Mehl in einer dünnen Schicht auf den Objectträger des Mikroskops bringt und bei etwa 25- bis 30maliger Vergrößerung beobachtet. Befeuchtet man dann mit einer Aetzkalilösung von etwa $1^1/_2$ bis 2 Proc. Kaligehalt, so bleiben die Körner des Getreidemehls unverändert, während die der Kartoffelstärke sich stark aufblähen und sich zuletzt sogar zu dünnen Platten ausdehnen, deren Contouren noch die Form des Stärkemehls erkennen lassen. Deutlicher wird die Erscheinung, wenn man die Masse austrocknen läßt und sie dann mit so viel Jodwasser befeuchtet, als erforderlich ist, um die charakteristische blaue Färbung der Jodstärke hervorzubringen. Ebenso kann man die Kartoffelstärke im Brot finden. In einem Tropfen der Kalilösung zerdrückt man eine Spur der Brotkrume, fügt Jodlösung zu und erkennt dann die Kartoffelstärke an der aufgequollenen Beschaffenheit der Kügelchen.

Zur Nachweisung von Reis- und Maismehl entfernt man zunächst den Kleber so weit wie möglich durch Ausneten. Die dabei gesammelte Stärke zeigt bei der mikroskopischen Untersuchung zahlreiche halbdurchsichtige, eckige Körner, welche der Reis- und Maisstärke eigenthümlich sind. Durch mechanische Scheidung läßt sich manchmal der Gehalt an fremden Stoffen sehr concentriren und die Erkennung erleichtern. Knetet man

zunächst das Mehl mit wenig Wasser zu Teig und wäscht die Stärke durch Wasser aus, bringt dann die abgesetzte Stärke mit wenig Wasser in ein Spitzglas, so fallen die schwereren Theile zunächst zu Boden und die reine Weizenstärke, als specifisch leichter, bleibt längere Zeit in der Flüssigkeit suspendirt. Gießt man nach dem vollständigen Absetzen das Wasser ab und läßt den Rückstand im Glase bei mäßiger Wärme austrocknen, so kann man nachher das Ganze in Form eines zusammenhängenden kleinen Kegels aus dem Glase nehmen. Die Spitze dieses Kegels enthält die schwereren Stoffe, zu unterst Kartoffelstärke, darüber Reis- und Maisstärke und diese lassen sich mit einem Messer leicht schichtenweis von der Weizenstärke trennen und dann in dieser concentrirten Form leichter erkennen.

Auch die Beschaffenheit des Klebers gestattet Schlüsse zu ziehen auf die Qualität des Mehles. Der Kleber des reinen Weizenmehls zeigt alle oben erwähnten Eigenschaften, er ist zäh, zusammenhängend, zu dünnen Blättern auszurollen. Der Kleber aber von Weizenmehl, dem andere Mehlarten beigemischt sind, oder von verdorbenem Weizenmehl ist schwierig abzuscheiden, vereinigt sich kaum zu einer Masse, bleibt weich und zerreißt sofort zu kleinen Partien.

Leinsamenmehl erkennt man im Roggenmehl durch Behandlung mit Kalilauge von etwa 14 Proc. Kaligehalt. Unter dem Mikroskop nimmt man dann eine Menge von roth gefärbten, kleinen scharf begrenzten eckigen Stücken, Bruchtheilen der Samenhülle, wahr. Sie lassen sich erkennen, wenn das Roggenmehl auch nur 1 Proc. Leinsamen enthält.

Gerstenmehl soll sich im Roggenmehl, nach Rummel, durch den hohen Gehalt der Asche an Kieselsäure nachweisen lassen. Die Asche der Gerstenkörner enthält etwa 28 Proc., die der Roggenkörner 1 bis 2 Proc. Kieselsäure, Gerstenbrot 0,5 bis 0,8 Proc., Roggenbrot 0,03 bis 0,04 Proc. Kieselsäure. Ist daher dem Mehl Gerstenmehl beigemischt, so soll man aus dem höheren Kieselsäuregehalt der Asche dieses nachweisen können. Diese Methode ist aber nicht allein sehr weitläuftig, sondern auch jedenfalls ohne allen Werth, da sich beim Mahlen immer so viel Kieselsäure von den Steinen abreibt, daß selbst absolut reines Roggenbrot mehr Kieselsäure enthalten kann und sogar gewöhnlich enthält, als das Gerstenbrot.

Roggenmehl kann man, nach Cailletet, im Weizenmehl durch die Einwirkung concentrirter Salpetersäure auf das aus dem Mehl extrahirte Fett nachweisen. 20 Grm. Mehl werden mit 40 Grm. Aether geschüttelt, die Lösung abfiltrirt und in einer Porzellanschale bei geringer Wärme verdunstet. Das dabei zurückbleibende Fett versetzt man mit 1 C.-C. eines Gemisches von 3 Volumth. Salpetersäure von 1,35 spec. Gew., 3 Volumth. Wasser und 6 Volumth. Schwefelsäure von 1,85 spec. Gew. Das Fett des Weizens färbt sich dabei gelb, das des Roggens roth. Nimmt das Fett daher eine röthlich-gelbe Farbe an, so kann man auf die Anwesenheit von Roggenmehl schließen.

Bohnen-, Erbsen-, Linsenmehl erkennt man im Getreidemehl an dem Vorhandensein von einzelnen Stückchen des Zellgewebes, welche an ihrer eigenthümlichen Form leicht zu erkennen sind. Man beutelt das verdächtige Mehl, breitet etwas davon auf dem Objectträger des Mikroskops aus und befeuchtet es, ohne stark umzurühren, mit einigen Tropfen Kalilösung von 10 bis 12 Proc. Gehalt; dadurch werden alle Stärkekörnchen aufgelöst und es bleiben nur die Bruchstücke des Zellgewebes zurück, welche sich als netzartiges Gewebe mit sechsseitigen Maschen zeigen, — einer den Hülsenfrüchten eigenthümlichen Form. Dieses Verfahren läßt sich nicht bei der Untersuchung des mit unreinem Mehl gebackenen Brotes anwenden; es zeigt überhaupt nur das Vorhandensein von Hülsenfrüchtenmehl im Getreidemehl an. Um nun besonders das Mehl von Weißbohnen und Wicken zu unterscheiden, verfährt man, nach Donny, auf folgende Weise. Man bringt auf den inneren, schwach befeuchteten Rand einer kleinen Porzellanschale eine dünne Schicht des zu untersuchenden Mehles, wobei man zu vermeiden hat, daß das Mehl den Boden der Schale berührt, und gießt in die Schale etwas Salpetersäure, ohne diese aber mit dem Mehl zu mischen, auch soll die Säure das Mehl nicht berühren. Nun bedeckt man die Schale mit einer Glasplatte, erwärmt gelinde, so daß das Mehl sich in einem mit den Säuredämpfen erfüllten Raume befindet. Sobald ein Theil des Mehles gelb geworden und am oberen Rande noch weiß ist, entfernt man die Säure; das Mehl ist dann unten dunkler, oben heller gefärbt. Man bringt nun etwas Ammoniak in die Schale und läßt diese an der Luft stehen. Ist das Getreidemehl rein, so zeigt die ganze Masse auch unter der Loupe nur eine gelbe Farbe, ist das Mehl aber mit Bohnen- oder Wickenmehl gemengt, so bemerkt man schon mit bloßem Auge eine röthliche Farbe, die durch viele mittelst des Mikroskops leicht erkennbare rothe Pünktchen hervorgerufen wird. Diese rothe Farbe zeigt nur das Bohnen- und Wickenmehl.

Um dieses Mehl im Brot zu erkennen, nimmt man etwas Krume, rührt sie mit kaltem Wasser an und läßt sie 2 Stunden darin liegen, gießt dann die Masse auf ein Sieb und läßt das Durchgelaufene sich absetzen, wobei die Flüssigkeit sich in zwei Schichten trennt, von denen man die obere abgießt, sie im Wasserbade zur Trockne verdampft, den Extract mit Alkohol auszieht und die alkoholische Lösung wieder verdampft. Der Rückstand wird ebenso wie das Mehl den Dämpfen von Salpetersäure und Ammoniak ausgesetzt, wobei bei Anwesenheit von Bohnen- oder Wickenmehl eine schöne rothe Färbung zeigt.

Mutterkorn, Secale cornutum, diesen eigenthümlichen Pilz, der sich namentlich beim Roggen oft in großer Menge findet, entdeckt man im Mehle, nach Wittstein, indem man das Mehl mit concentrirter Kalilösung übergießt. Reines Mehl zeigt dabei nur einen schwach laugenartigen Geruch, während ein Mehl, welches 2 bis 4 Proc. Mutterkorn enthält, dabei einen widerwärtigen Geruch nach Häringen entwickelt, indem eine im Mutterkorn enthaltene Base, das Trimethylamin, frei wird. Selbst im Brot läßt sich auf diese Weise noch Mutterkorn erkennen. Nach Elsner kann man auch in solchen Fällen, wo der Geruch des Trimethylamins zu schwach hervortritt, um deutlich wahrnehmbar zu sein, das Mutterkorn an

der eigenthümlichen rehbraunen Farbe erkennen, welche das Mehl beim Befeuchten mit Wasser annimmt.

Viele mineralische Beimengungen lassen sich, nach Cailletet, mechanisch aus dem Mehle abscheiden, indem man eine geringe Menge des Mehles in ein Reagensröhrchen schüttet, darauf das Glas mit Chloroform füllt, kräftig umschüttelt und verkorkt einige Zeit stehen läßt. Das reine Mehl als specifisch leichter schwimmt auf dem Chloroform, darunter ist eine ganz klare Flüssigkeitsschicht und auf dem Boden finden sich die schweren in Chloroform untersinkenden Theile.

Dieses Verfahren ist aber immer nur beim Mehle anwendbar und kann auch da nur entscheidende Resultate liefern, wenn eine ziemlich massenhafte Verfälschung stattgefunden hat. Im Brote sind die einzelnen Theilchen, wenn nicht auf eine gröblich ungeschickte Weise verfahren ist, so mit der Krume vermischt und verbunden, daß sie sich so nicht abscheiden lassen. Es ist hier zur Nachweisung eine Aschenbestimmung erforderlich. Man verbrennt eine gewogene Menge Brot bei möglichst geringer Hitze in der Muffel, wobei man zweckmäßig zuerst nur verkohlt, die Kohle mit kochendem Wasser auswäscht, dann die zurückbleibende Kohle vollständig verbrennt, was nach dem Ausziehen der löslichen und leicht schmelzbaren Salze leicht geschieht und ohne Verlust, auch bei höherer Temperatur vorgenommen werden kann. Die zurückbleibende Asche der Kohle wird dann mit dem Waschwasser gemischt und das Ganze zur Trockne verdampft. Die Asche von reinem Brot darf nicht mehr als 1 bis $1\frac{1}{2}$ Proc. vom Gewicht desselben betragen, vom Mehl nur halb so viel, weil sich in der Brotasche die ganze Menge des zugesetzten Kochsalzes wieder findet. Ist das Gewicht der Asche höher, so ist mit ziemlicher Sicherheit eine betrügerische Beimischung constatirt. Es kann jedoch ohne Schuld oder durch Nachlässigkeit des Müllers eine etwas größere Menge von Sand im Mehl und Brot enthalten sein, und hier ist es jedenfalls am schwierigsten die betrügerische Absicht aufzudecken. Den Sand erkennt man schon mit bloßem Auge als kleine Körnchen, die sich bei der Behandlung mit Säuren nicht verändern. Die Anwesenheit größerer Mengen von Sand macht sich auch schon beim bloßen Kauen des Brotes bemerklich, indem der Sand dabei zwischen den Zähnen knirscht. Will man die Menge des Sandes quantitativ bestimmen, so übergießt man die Asche mit Salzsäure, erwärmt, bis sich nichts mehr löst, verdünnt mit Wasser, filtrirt, wäscht den Rückstand, trocknet, glüht und wägt.

Löst die Asche sich leicht unter Aufbrausen in Salzsäure, so deutet dieses auf einen Gehalt an kohlensaurem Kalk oder Magnesia. Die Lösung der Asche wird dann mit Ammoniak vermischt, bis ein sich nicht wieder lösender Niederschlag entsteht. Hierauf giebt man so viel Essigsäure zu, bis die Flüssigkeit deutlich sauer ist und der Niederschlag wieder gelöst ist, erhitzt zum Kochen und fügt oxalsaures Ammoniak zu. Entsteht dadurch ein reichlicher weißer Niederschlag, so ist kohlensaurer Kalk, Kreide zugesetzt, man filtrirt den oxalsauren Kalk ab, wäscht ihn mit heißem Wasser, trocknet, glüht bis zur vollständigen Verbrennung des Filters und bestimmt das Gewicht des kohlensauren Kalks, oder man trennt den Niederschlag so weit als möglich vom Filter, verbrennt dieses im Platintiegel für sich, fügt den Niederschlag hinzu und befeuchtet diesen nach dem vollständigen Erkalten des Tiegels mit ein paar Tropfen concentrirter Schwefelsäure. Man erhitzt dann anfangs gelinde, um die im Ueberschuß zugesetzte Schwefelsäure zu entfernen, allmälig aber zum starken Glühen. Der zurückbleibende schwefelsaure Kalk wird gewogen und darnach die Menge des kohlensauren Kalks berechnet, indem 1 Aeq. oder 68 Th. schwefelsaurer Kalk 1 Aeq. oder 50 Th. kohlensaurem Kalk entsprechen.

Entsteht auf Zusatz von oxalsaurem Ammoniak nur eine schwache Trübung, so ist die Verfälschung nicht kohlensaurer Kalk, sondern kohlensaure Magnesia — letztere soll von englischen Bäckern namentlich oft angewandt werden. Man läßt die Flüssigkeit dann erkalten, fügt phosphorsaures Natron und darauf so viel Ammoniak zu, bis die Flüssigkeit stark darnach riecht. Nach kräftigem Umrühren wird dann ein reichlicher weißer, krystallinischer Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia entstehen. Nach 24stündigem Stehen filtrirt man diesen ab, wäscht mit Wasser, dem man etwa $\frac{1}{4}$ seines Volums Ammoniak zugesetzt hat, trocknet, trennt den Niederschlag so vollständig als irgend möglich ist vom Filter, verbrennt dieses für sich, fügt dann den Niederschlag hinzu und erhitzt anfangs sehr gelinde, wobei man aber nach und nach die Hitze bis zum stärksten Glühen steigert. Der Rückstand ist pyrophosphorsaure Magnesia, von der 1 Aeq. oder 111 Th. 2 Aeq. oder 84 Th. kohlensaurer Magnesia entsprechen.

Bleibt beim Verbrennen des Mehles oder Brotes ein reichlicher weißer Rückstand, der sich nur schwierig und ohne Gasentwicklung in Salzsäure löst, so deutet dieses auf schwefelsauren Kalk, Gips. Man bestimmt dann den Kalk wie eben angegeben ist und weist in der vom oxalsauren Kalk abfiltrirten Flüssigkeit durch Zusatz von Chlorbaryum die Schwefelsäure nach.

Aehnlich wie Gips verhält sich Knochenerde, nur löst sich diese leichter in Salzsäure. Die Knochenerde besteht im Wesentlichen aus phosphorsaurem Kalk, $3CaO . PO_5$. Man bestimmt in der Lösung der Asche zunächst den Kalk auf die beschriebene Weise, fügt zu dem Filtrat schwefelsaure Magnesia und Ammoniak, wodurch bei einer Verfälschung ein reichlicher Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia entsteht. Dieser wird ebenso wie oben bei der Bestimmung der Magnesia behandelt. 1 Aeq. oder 111 Th. der beim Glühen zurückbleibenden pyrophosphorsauren Magnesia entsprechen 71 Th. Phosphorsäure.

Bei allen diesen Bestimmungen hat man jedoch zu berücksichtigen, daß in der Asche des Mehles und Brotes stets Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Schwefelsäure enthalten sind, auch wenn nicht die geringste Verfälschung vorliegt, wie die oben mitgetheilten Analysen der Getreidekörner nachweisen. Es kann also immer nur dann auf einen Betrug geschlossen werden, wenn der Aschengehalt erheblich höher, als oben angegeben ist, befunden wird, indem eine geringe Verfälschung im Betrage von ein paar Procenten vom Gewicht des Brotes keinen Vortheil bringen würde und ein solcher Gewinn auch durch Liefe-

rung eines etwas mehr wasserhaltigen Gebäcks erzielt werden könnte.

Anders ist es aber mit der Nachweisung eines Zusatzes von Alaun oder Kupfervitriol, die nur in sehr geringen Mengen zugesetzt zu werden brauchen, um dem Teig die Eigenschaft zu ertheilen, große Mengen von Wasser zu binden, und selbst verdorbene Mehle zum Backen geeignet machen.

Zur Auffindung des Alauns oder der in demselben enthaltenen Thonerde empfahl Kuhlmann schon vor längerer Zeit, die Asche in Salzsäure zu lösen, mit Kalilauge zu kochen, die Flüssigkeit von dem sich bildenden Niederschlage abzufiltriren und aus der kalischen Lösung die Thonerde durch Zusatz von Salmiak zu fällen. Nach dem Auswaschen und Glühen sollte das Gewicht des Niederschlages bestimmt und aus der Thonerde die Menge des Alauns berechnet werden. Dieser Niederschlag besteht aber nicht aus reiner Thonerde, sondern ist phosphorsaure Thonerde, indem die im Korn enthaltene Phosphorsäure sich bei der Behandlung der Asche mit der Thonerde verbindet; außerdem kann der Thonerde noch Kieselsäure beigemischt sein. Um daher die Thonerde rein zu erhalten, muß man die salzsaure Lösung der Asche zur Trockne verdampfen, wobei die Kieselsäure sich unlöslich abscheidet, dann den Rückstand mit etwas concentrirter Salzsäure übergießen, nach gelindem Erwärmen mit Wasser verdünnen und die Lösung von der Kieselsäure abfiltriren. Die Flüssigkeit übersättigt man mit Kali, welches aber frei von Kieselsäure sein muß, filtrirt von dem dadurch entstehenden Niederschlag ab, macht die Flüssigkeit mit Salzsäure schwach sauer und fällt dann die phosphorsaure Thonerde mit Ammoniak. Der Niederschlag wird abfiltrirt, gewaschen, auf dem Filter in etwas Salpetersäure gelöst, das Filter vollständig ausgewaschen und dann aus der sauren Lösung die Phosphorsäure durch die salpetersaure Lösung von molybdänsaurem Ammoniak gefällt. Den gelben phosphorsäurehaltigen Niederschlag filtrirt man ab, wäscht und fällt in dem Filtrat die Thonerde mit Ammoniak. Die Thonerde bestimmt man dann, wie oben bei Aluminium S. 500 beschrieben ist. 1 Aeq. oder 51,4 Th. resp. 17,1 Th. Thonerde entsprechen 1 Aeq. oder 387,4 Th. resp. 129,1 Th. Alaun.

Thonerde findet sich in der Asche der Getreidearten nicht. Ihre Anwesenheit ist daher ein Beweis einer Verfälschung. Qualitativ läßt sich, nach Hadon, die Thonerde sehr leicht nachweisen, indem man die Eigenschaft der Thonerde, sich leicht mit Farbstoffen zu verbinden, benutzt. Man legt eine Scheibe des verdächtigen Brotes so auf einen wäßrigen Auszug von Campecheholz, daß sie darauf schwimmt. Nach 12 Stunden ist das Brot, wenn Alaun zugegen war, deutlich gefärbt, während es sonst seine reine Farbe behält. 1 Th. Alaun in 900 Th. Brot soll sich noch auf diese Weise nachweisen lassen.

Die Anwesenheit von Kupfer, von Kupfervitriol herrührend, wird ebenfalls in der Asche gefunden. Ein Theil der Asche wird in Salpetersäure gelöst und mit Ammoniak im Ueberschuß versetzt, eine dadurch hervorgerufene blaue Färbung zeigt Kupfer an. Zur quantitativen Bestimmung löst man die Asche in möglichst wenig Salpetersäure, filtrirt vom etwa Ungelösten ab und leitet Schwefelwasserstoffgas in die Flüssigkeit. Das Kupfer fällt dabei als schwarzbrauner Niederschlag von Schwefelkupfer nieder, dieser wird abfiltrirt, auf dem Filter mit Schwefelwasserstoffwasser gewaschen, getrocknet und im Porzellantiegel bei Luftzutritt heftig geglüht; nach dem Erkalten übergießt man den Rückstand mit ein paar Tropfen Salpetersäure, verdampft diese und glüht von Neuem so stark als möglich. Es bleibt dabei Kupferoxyd zurück, von dem 1 Aeq. oder 39,7 Th. 1 Aeq. oder 115,7 Th. Kupfervitriol entspricht.

Nach Donny kann man das Kupfer auf folgende Weise finden und bestimmen:

Das Mehl oder das zu kleinen Stücken zerschnittene Brot wird mit seinem gleichen Gewicht concentrirter Schwefelsäure $1\frac{1}{2}$ Stunden lang digerirt, darauf so weit erhitzt, bis eine trockne, leicht zerreibliche Kohle zurückbleibt, die man in einer Porzellanschale im Muffelofen möglichst vollständig verbrennt. Die noch kohlehaltige Asche wird mit Salpetersäure übergossen, die Flüssigkeit zur Syrupsconsistenz verdampft, mit kochendem Wasser ausgezogen und die zurückbleibende Kohle nochmals erhitzt und wieder mit Säure behandelt. Die wäßrigen Lösungen werden fast zur Trockne verdampft, zur Verjagung der Salpetersäure mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt, mit wenig Wasser verdünnt und dann das Kupfer durch den galvanischen Strom gefällt. Man bringt zu dem Zwecke die Flüssigkeit in eine Platinschale und hängt in die Flüssigkeit ein unten mit einer Blase oder mit Pergamentpapier verbundenes Rohr, welches verdünnte Schwefelsäure enthält, dann taucht man einen Streifen Zink in die Schwefelsäure in dem Rohr und verbindet das andere Ende des Zinks mit der Außenwand der Platinschale. Durch den Strom wird das Kupfer metallisch gefällt und legt sich als ein rother Beschlag auf das Platin ab. Nach einigen Stunden nimmt man den Apparat auseinander, gießt die Flüssigkeit aus der Schale, löst das Kupfer in einigen Tropfen Salpetersäure, verdünnt mit Wasser und fällt in der zum Sieden erhitzten Flüssigkeit das Kupferoxyd durch Kali. Das Kupferoxyd wird dann abfiltrirt, gewaschen und sein Gewicht bestimmt.

Spuren von Kupfer sollen, nach Donny, in jedem Mehl vorkommen, in 14 verschiedenen reinen Mehlsorten fand derselbe bei Anwendung dieser Methode in 1000 Th. als Minimum 0,001 Th., als Maximum 0,006 Th. Kupfer. In 6 verschiedenen verfälschten Brotsorten als Minimum 0,007 Th., im Maximum 0,021 Th. Kupfer.

Nachweisung
der in diesem Artikel vorzugsweise benutzten
literarischen Quellen.

Ure, Dictionary of Arts, Manufactures and Mines. Fifth edition by Robert Hunt. Art. Bread, by A. Normandy.

Karmarsch-Heeren, Handbuch der Gewerbkunde. Art. Mühlen von Rühlmann und Art. Brot.

Prechtl, Technologische Encyklopädie. Art. Mühlen von v. Bury; Art. Brot von Prechtl.

Karmarsch, Supplemente zu Prechtl's Encyklopädie. Art. Brotbäckerei von Stein und Hülsse.

Rollet, Mémoire sur la Meunerie, la Boulangerie, et la Conservation des graines et des farines.
Hartmann, Beiträge zur neuesten Mühlenbaukunst.
Payen, Gewerbschemie, deutsch von Fehling.
Knapp, Lehrbuch der chemischen Technologie.
Dumas, Lehrbuch der angewandten Chemie.
Liebig, Chemische Briefe.
Von Bibra, Die Getreidearten und das Brot.
Mège-Mouriès Backmethoden. Die Abhandlungen sind oben S. 1183 citirt.
Liebig's Backmethode. Ann. Chem. Pharm. 91, 246. Augsburger Allgem. Zeitung 1854, Juni 5.; Dingl. Journ. 132, 399; 133, 447.
Lehmann's Verfahren zur Verbesserung des Mehles aus ausgewachsenem Getreide. Chem. Ackersmann 1858, 250; Mittheilungen des hannov. Gewerbevereins 1858, 309; Dingl. Journ. 151, 78, 309; Chem. Centralbl. 1859, 81.
Knobloch, Kleberbrot. Bayerisches landwirthschaftl. Centralbl. 1855, 395; 1857, 499.
Dauglish's Backmethode mit Kohlensäure. Wilda's Landwirthschaftl. Centralbl. 1860, I, 179; Dingl. Journ. 155, 148; 160, 457; Chem. Centralbl. 1860, 220; Journ. f. prakt. Chemie 82, 488.

Knetmaschinen:

Von Rolland, Dingl. Journ. 125, 303.
Mareverh, Dingl. Journ. 145, 262.
Gebrüder Wansleben, Dingl. Journ. 162, 114.
Newton, Wagner's Jahresber. der techn. Chemie 1858, 291.

Gährmittel:

Bierhefe zu entbittern. Artus, Dingl. Journ. 155, 159.
Verschiedene Gährmittel. Lüdersdorf, Ann. der Landwirthschaft 33, 401.

Backöfen:

Rolland's, Dingl. Journ. 125, 303.
Carville's, Dingl. Journ. 132, 95.
Silbermann's, Dingl. Journ. 140, 269.
Schinz's, Dingl. Journ. 144, 295.
Eckmann's, Dingl. Journ. 147, 270.
Essen's, Dingl. Journ. 157, 336; 159, 311.
Gebrüder Wansleben's, Dingl. Journ. 162, 110.
Berdon's, Wagner's Jahresber. der techn. Chemie 1857, 246.
Völcker, Ueber die Leistung der Backöfen, Dingl. Journ. 148, 351.

Untersuchungen über Brotbereitung, Ausbeute, Zusammensetzung &c.:

Fehling, Dingl. Journ. 131, 283.
Heeren, Dingl. Journ. 131, 276.
Poggiale, Dingl. Journ. 129, 376; 131, 286.
Rivot, Dingl. Journ. 143, 441; Wagner's Jahresber. 1857, 264.
Dietrich, Schwedische Brotarten. Chem. Ackersmann 1855, 102.
Oudemans, Dikabrot, Wagner's Jahresber. 1860, 368.
Lawes und Gilbert, Ausbeute, Wilda's Landwirthschaftl. Centralbl. 1857, II, 171; Chem. Centralbl. 1857, 675.
Monier, Untersuchungsmethode für Mehl, Compt. rend. 46, 426.

Verfälschung von Mehl und Brot:

Wagner's Jahresber. 1856, 196.
Rivot, Dingl. Journ. 143, 380.
Hadon, Prüfung auf Alaun, Dingl. Journ. 147, 238.
Cailletet, Prüfung mit Chloroform, Dingl. Journ. 149, 467.
Cailletet, Unterscheidung von Roggen- und Weizenmehl, Dingl. Journ. 161, 320.
Rummel, Nachweisung von Gersten- im Roggenmehl, Dingl. Journ. 139, 49.
Wittstein und Elsner, Nachweisung von Mutterkorn, Dingl. Journ. 139, 456; 151, 312.
Donny, Nachweisung von Kupfer, Compt. rend. 47, 562.

Stohmann.

Butter.

Die Butter ist das aus der Milch der Wiederkäuer und vorzugsweise aus der Kuhmilch abgeschiedene starre Fett, dessen wir uns allgemein als Nahrungsmittel bedienen. Ehe wir die Bereitung der Butter beschreiben, wollen wir zunächst kurz das Wichtigste der Eigenschaften, Zusammensetzung der Milch anführen.

Milch ist eine weiße undurchsichtige, von den Brustdrüsen weiblicher Säugethiere secernirte Flüssigkeit von angenehm süßlichem Geschmack und im frischen Zustande meist von schwach alkalischer Reaction. Die Reaction von Frauenmilch ist fast immer alkalisch, selten neutral, nie sauer. Bei Kuhmilch und Schafmilch kommt schwach saure Reaction häufiger vor. Die Milch der Fleischfresser reagirt immer sauer. Sie enthält außer den in allen thierischen Säften vorkommenden Salzen, Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsauren Erden und Spuren von Eisenoxyd, im Wesentlichen drei verschiedene organische Bestandtheile in wechselnden Verhältnissen: Fett, Milchzucker, Casein.

Das Fett ist in kleinen Kügelchen, die von einer feinen caseinhaltigen Membran umhüllt sind, in der Milch vertheilt. Diese Kügelchen bedingen die weiße Farbe und Undurchsichtigkeit der Milch. Betrachtet man einen Tropfen Milch unter dem Mikroskop, so erscheint sie als klare farblose Flüssigkeit, in der zahlreiche Kügelchen schwimmen. Läßt man Milch mehrere Stunden ruhig stehen, so steigen die Fettkügelchen vermöge ihres geringeren specifischen Gewichts zum größten Theil an die Oberfläche und sammeln sich dort als eine Schicht von weit größerer Consistenz und bedeutendem Fettgehalt, während die untere Flüssigkeit weit dünner und durchscheinender geworden ist. Die auf der übrigen Milch angesammelte Schicht nennt man Rahm oder Sahne.

Unter den Fetten der Milch finden sich in größter Menge die auch sonst im Thierreich allgemein verbreiteten Fette, die Glyceride der Palmitinsäure, Stearinsäure, Oelsäure, in geringerer Menge die der Myristicinsäure, Caprinsäure, Caprylsäure, Capronsäure und Buttersäure.

Der Milchzucker ist ein Bestandtheil jeder Milch. Durch neuere Versuche von Bensch ist die frühere Annahme: Milchzucker sei nur bei vegetabilischer Nahrung in der Milch enthalten, widerlegt worden, indem er in der Milch von Hündinnen, die nur Fleischkost erhielten, ebenfalls die Anwesenheit von Milchzucker nachwies; jedoch wurde in diesem Falle der Gehalt an Milchzucker

weit geringer gefunden. Der Milchzucker unterscheidet sich von dem gewöhnlichen oder Rohrzucker sehr durch seinen weit weniger süßen Geschmack, durch seine geringere Löslichkeit in Wasser, und dadurch, daß er durch Bierhefe nur schwierig in weinige Gährung versetzt wird. Seine Elementarzusammensetzung ist der des Rohrzuckers gleich und wird durch die Formel $C_{12}H_{11}O_{10}$ ausgedrückt. Eine charakteristische Eigenschaft aller Zuckerarten ist die, den Strahl des polarisirten Lichts um einen bestimmten Winkel entweder nach rechts oder nach links abzulenken. Dieses Drehungs- oder Rotationsvermögen besitzen die beiden Zuckerarten in sehr verschiedenem Maße, während der Rohrzucker den Strahl um 78,3° nach rechts ablenkt, lenkt der Milchzucker ihn nur um 59,3° nach rechts ab. Unter dem Einfluß eines besonderen Ferments, der Milchsäurehefe, geht der Milchzucker sehr leicht in Gährung über, er liefert dabei aber nicht, wie der gewöhnliche Zucker, Alkohol und Kohlensäure, sondern nimmt ein Atom Wasser auf und verwandelt sich in Milchsäure:

$$\underbrace{C_{12}H_{11}O_{11}}_{\text{Milchzucker.}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{2\,C_6H_6O_6}_{\text{Milchsäure.}}$$

Diese Gährung tritt in der Milch ungemein leicht ein, namentlich in der Wärme und bei gewitterschwülen Tagen. Durch die dabei frei werdende Säure wird das Alkali der Milch, welches das Casein gelöst enthält, neutralisirt, die Milch nimmt eine saure Reaction und sauren Geschmack an und das Casein wird unlöslich ausgeschieden, die Milch gerinnt. Tödtet man die in der Milch enthaltenen Keime des Ferments durch Aufkochen, so kann das Gerinnen verzögert werden. Vollständig vermeiden kann man die Gerinnung aber nur, wenn man so lange erhitzt, bis alle Luftbläschen ausgetrieben sind, dann bei Luftabschluß erkalten läßt und die Milch in hermetisch verschlossenen Flaschen bewahrt. Man hat hierauf eine Methode zur Conservirung der Milch gegründet, die unten näher erörtert werden soll.

Das Casein oder der Käsestoff gehört zu der Classe der blutbildenden Körper, oder der sogenannten Proteinstoffe. Es unterscheidet sich in der Zusammensetzung von den Fetten und dem Zucker dadurch, daß es reich an Stickstoff ist und aus diesem Grunde ist es als das eigentlich ernährende Princip der Milch zu betrachten. Während Fett und Zucker im Körper wesentlich zur Erhaltung der Respiration verwandt werden, wird das Casein unmittelbar assimilirt und dient zum Ersatz und zur Neubildung der Blutbestandtheile.

In der Milch ist das Casein in Lösung enthalten, durch Bildung von Milchsäure, oder durch Zusatz von Säuren und gelindes Erwärmen wird es aber gefällt und ist dann in Wasser unlöslich. Ein eigenthümliches Verhalten zeigt das Casein zu der Schleimhaut des Kälbermagens — Lab —; bringt man diese mit Milch in Berührung, oder versetzt man Milch mit einer geringen Menge eines wäßrigen Aufgusses der getrockneten Schleimhaut und erwärmt, so tritt zwischen 30 und 50° C. die Gerinnung des Caseins ein. Man kann bis jetzt noch keine Erklärung dieser Erscheinung geben, Säuren sind dabei keinenfalls mitwirkend, da die ganz frische Haut nach sorgfältigem Auswaschen mit Wasser ganz denselben Einfluß hat.

In kleinen Mengen findet sich neben dem Casein auch Albumin oder Eiweiß in der Milch und mitunter — bei krankhaften Zuständen — tritt dieses sogar in großen Quantitäten auf, wodurch die Milch eine dickliche Consistenz erhält und fadenziehend wird.

Von den anorganischen Bestandtheilen fand Wildenstein in der Asche von normaler Frauenmilch:

10,73	Proc.	Chlornatrium,
26,33	„	Chlorkalium,
21,44	„	Kali,
18,78	„	Kalk,
0,87	„	Magnesia,
19,00	„	Phosphorsäure,
0,21	„	phosphorsaures Eisenoxyd,
2,64	„	Schwefelsäure.

Nach Haidlen enthielt die Kuhmilch in 100 Th. 0,49 Th. anorganische Stoffe und darin bei zwei verschiedenen Kühen:

Natron	0,042	0,045
Chlorkalium	0,144	0,183
Chlornatrium	0,024	0,034
Phosphorsauren Kalk	0,231	0,344
Phosphorsaure Magnesia	0,042	0,064
Phosphorsaures Eisenoxyd	0,007	0,097

Die Zusammensetzung, d. h. das quantitative Mischungsverhältniß der Bestandtheile der Milch ist bei den verschiedenen Thierarten sehr verschieden. Aber auch bei verschiedenen Individuen derselben Thierart wechselt der Gehalt der Milch bedeutend je nach der Zeit, welche seit der Geburt verflossen ist, je nach der Nahrung, je nach der Behandlung und selbst nach der Art und Weise, wie den Thieren die Milch entzogen wird. Im Allgemeinen ist die Milch kurze Zeit nach der Geburt am fettreichsten und wird nach und nach immer wäßriger. Die unmittelbar nach der Geburt abgesonderte Milch nennt man das Colostrum, sie ist dickflüssig von Fett und unterscheidet sich von normaler Milch außer durch einen weit höheren Albumingehalt noch dadurch, daß sie weit größere Fettkügelchen enthält als jene; diese Fettkügelchen nennt man Colostrum-Körperchen, Corps granuleux. Die Nahrung ist von größtem Einfluß auf die Beschaffenheit der Milch, ein je ärmlicheres Futter die Thiere bekommen, um so schlechter, d. h. wäßriger ist die Milch. Manche aromatische Bestandtheile der Nahrungsmittel gehen in die Milch über und ertheilen der daraus gebildeten Butter ihren Geschmack und Geruch. Der besondere Wohlgeschmack der Milch und Butter der schweizer Alpenkühe, oder der auf den reichen Wiesen Frieslands und Holsteins ernährten Kühe ist auf diesen Einfluß zurückzuführen. Ebenso nimmt Milch und Butter einen unangenehmen Geschmack an, wenn solche Stoffe in der Nahrung enthalten sind. Von besonderem Nachtheile auf die Beschaffenheit der Kuhmilch sind manche Steckrübenarten, wenn diese in zu großer Menge verfüttert werden, doch kann durch größeren Zusatz von Kleeheu und sonstiger guter Ernährung mit stickstoffreichen Futterstoffen die Qualität solcher Milch bedeutend verbessert werden. Manche Arzneistoffe, wie Quecksilber, Jodkalium ꝛc. gehen in die Milch über, weshalb man bei säugenden Frauen derartige Medicamente nie anwenden darf, oder wenn sie nicht zu um-

gehen sind, doch dem Kinde andere Nahrung verschaffen muß. Bei Krankheiten der Brustdrüsen, Eiterungen, Blutungen gehen deren Secernate in die Milch über und machen diese ungesund. Es ist kein unbegründeter Ausspruch, wenn man sagt, die Krankheiten der Mütter werden von den Kindern an der Brust aufgesogen.

Die Art des Melkens ist von größtem Einfluß auf die Beschaffenheit der Milch. Die erste Menge der beim jedesmaligen Melken dem Euter entzogenen Milch ist weit wäßriger als der letzte Theil, der namentlich am fettreichsten ist. In dieser Beziehung verhält sich die Brust der Frauen ebenso wie die der Thiere. Auf ein reines Ausmelken ist aber nicht allein zu sehen, um eine gehaltreiche Milch zu bekommen, sondern auch um Krankheiten der Drüsen, die leicht durch das Zurückbleiben der Milch in der Brust bewirkt werden, vorzubeugen.

Die verschiedenen Milcharten sind vielfach untersucht worden; aus den zahlreichen Analysen kann man etwa folgende Mittelwerthe ableiten:

Frauenmilch: Spec. Gew. 1,030 bis 1,034; Casein 3,2 Proc., Minimum 2,7, Maximum 3,5; Milchzucker 3,5 Proc., Maximum 6,2; Fett 3 Proc., Maximum 4,3, Minimum 1,3.

Kuhmilch: Spec. Gew. 1,033, Maximum 1,040, Minimum 1,026; Casein 3,4 Proc., Maximum 4,2, Minimum 3; Fett 4 Proc., Maximum 5,1.

Ziegenmilch: Spec. Gew. 1,036; Casein 5 Proc.; Butter 5 Proc., Maximum 5,7, Minimum 3,4; Milchzucker 4,4 Proc.

Eselmilch: Spec. Gew. 1,030, Maximum 1,035, Minimum 1,023; Casein 2 bis 2,3 Proc.; Milchzucker 4,5 Proc.; Fett 1,2 bis 1,3 Proc.

Pferdemilch: Spec. Gew. 1,034 bis 1,045; Casein 16,2 Proc.; Milchzucker 8,7 Proc.; Fett 6,9 Proc.

Schafmilch: Spec. Gew. 1,035 bis 1,041; Casein 9 Proc., Maximum 15,3, Minimum 7,5; Milchzucker 4,6 Proc., Maximum 5,8, Minimum 4,2; Fett 5 Proc., Maximum 10,4, Minimum 3,7.

Schweinemilch: Casein 8 Proc.; Milchzucker 2 bis 3 Proc.; Fett 1 bis 2 Proc.

Der Frauenmilch am nächsten steht daher die Kuhmilch und dieser die Ziegenmilch, doch unterscheidet sich letztere durch ihre größere Consistenz und einen ihr ganz eigenthümlichen Geschmack. Die Eselsmilch ist wohl von allen Milcharten der Hausthiere die verdünnteste, dagegen die des Pferdes die gehaltreichste. Die Zusammensetzung der Schafmilch variirt am auffallendsten, insofern die gewisser Racen doppelt so viel Casein enthält, wie die von anderen Racen. Die Schweinemilch ist bis jetzt noch wenig untersucht, die Analysen weisen darin einen auffallend geringen Fettgehalt nach.

Analysen verschiedener Milcharten:

	Kuhmilch.				Schafmilch.				Schweinemilch.	
					Dishby.	Southdown.	Merino.	Tarascon.	Landschwein.	Essex.
Wasser	86,304	85,081	88,112	86,067	81,0	84,2	78,4	77,2	85,49	88,17
Casein	4,619	4,948	3,300	6,140	7,5	6.5	9,0	8,0	8,45	7,36
Albumin	0,338	0,384	0,466	0,317						
Fett	5,500	5,017	4,320	2,480	5,0	4,0	7,6	10,4	1,93	1,03
Milchzucker	3,239	4,570	3,802	5,000	5,8	4,6	4,4	4,2	3,03	2,26
Salze					0,7	0,7	0,6	0,2	1,09	1,18

Analyse und Prüfung der Milch. Bei der Analyse der Milch handelt es sich um die Bestimmung ihres Wassergehalts, ihres Gehalts an Fett, Milchzucker, Salzen und Casein. Die Bestimmung des Wassergehalts ist nicht ganz leicht mit absoluter Genauigkeit ausführbar, weil das Casein beim Verdampfen der Flüssigkeit an der Oberfläche eine zähe, feste Haut bildet, die die Verdampfung des in den darunter befindlichen Schichten enthaltenen Wassers sehr verzögert, so daß man nur nach langem Trocknen constante Gewichte des Rückstandes erhält. Beschleunigen kann man die Operation dadurch, daß man ein gewogenes Quantum Milch, etwa 3 bis 4 Grm., in einen Liebig'schen Trockenapparat bringt und darin im Wasserbade vollständig austrocknet. Dieser Apparat besteht in einem horizontal liegenden, weiten, an beiden Enden verschlossenen Glasrohr, an welches an den beiden Enden senkrecht engere Glasröhrchen angesetzt sind, von denen das eine mit einem Chlorcalciumrohr, das andere mit einem Aspirator in Verbindung steht. In das gewogene Glasrohr wird die Milch gebracht, dann wieder gewogen, und nachdem man den Aspirator in Thätigkeit gesetzt hat, so daß er einen Luftstrom zunächst durch das Chlorcalciumrohr, dann durch das Glasrohr mit Milch saugt, in einem Wasserbade bis 100° erhitzt. In dem trocknen Luftstrom findet die Verdampfung rasch Statt und nach einigen Stunden ist das Gewicht des Trockenrückstandes constant. Die Anwendung dieses Apparats ist neuerdings von Vogel zur Untersuchung der Milch empfohlen. Noch weit leichter gelingt die Austrocknung, wenn man das Glasrohr ganz mit kleinen Bimsteinstückchen füllt und dann nicht mehr Milch anwendet, als genügt, um den Bimstein gleichmäßig zu durchfeuchten. Von der so bedeutend vergrößerten Oberfläche gelingt die Verdampfung sehr leicht. Hat man gleichzeitig mehrere Bestimmungen auszuführen, so kann man sich mit Vortheil des auf demselben Principe beruhenden Apparates von Henneberg und Stohmann bedienen, worin in einem Wasserbade gleichzeitig sechs Trockenapparate liegen und statt der Luft ein Strom getrocknetes Wasserstoffgas oder Leuchtgas durchgeleitet wird; das Leuchtgas kann dann zugleich zur Heizung des Wasserbades dienen.

Nach Haidlen bringt man die Milch in ein zur Hälfte mit krystallisirtem schwefelsaurem Kalk gefülltes und mit diesem gewogenes Schälchen und verdampft im Wasserbade zur Trockne. Durch den Zusatz des schwefelsauren Kalks gerinnt das Casein und bildet

dann nicht mehr die Haut an der Oberfläche und aus der durch den Gips porös gemachten Masse verdunsten die Reste des Wassers leicht. Bei der Ausführung dieser Methode ist es aber vor Allem wesentlich, daß der Gips vollständig mit seinem Krystallwasser, welches er erst bei 120° verliert, verbunden sei. Um dieses zu erreichen, rührt man am besten eine größere Quantität gebrannten Gips mit so viel heißem Wasser an, daß er nicht mehr erstarrt, läßt 24 Stunden stehen, filtrirt, trocknet bei 100° und verwendet ihn dann zu den Bestimmungen.

Nach einem anderen Vorschlage verdampft man die Milch unter Zusatz von Holzkohlenpulver. Es ist dieses aber bei Weitem nicht so zweckmäßig, weil die Kohle mit der größten Begierde Feuchtigkeit und Gase aus der Luft absorbirt und daher kaum genau abwägbar ist.

Handelt es sich dagegen um die Bestimmung des Fettgehalts, so kann man die Milch sehr wohl, um der trocknen Masse eine möglichst große Oberfläche zu geben, unter Zusatz einer beliebigen Menge gröblich gepulverter Kohle verdampfen, nachdem man durch einen Tropfen Essigsäure das Casein zum Gerinnen gebracht hat. Den trocknen Rückstand kocht man mit reinem Aether aus, gießt nach dem Erkalten die möglichst klare Flüssigkeit auf ein Filter, kocht den Rückstand nochmals mit Aether, spült dann das Ganze auf das Filter und wäscht so lange mit Aether, bis ein Tropfen des Filtrats auf einem Uhrglase, ohne irgend eine Spur eines Rückstandes zu hinterlassen, verdampft. Von der ätherischen Flüssigkeit, welche alles Fett gelöst enthält, verdampft man in einem gewogenen Kölbchen den Aether, erhitzt bis 100° und wägt das zurückbleibende Fett. Bei exacten Bestimmungen muß der angewandte Aether frei von Alkohol und Wasser sein, weil sonst ein Theil des Milchzuckers gelöst werden würde.

Der mit Aether extrahirte Rückstand kann zur Bestimmung des Milchzuckers dienen, indem man ebenso wie bei der Fettbestimmung mit starkem Alkohol auskocht und schließlich das alkoholische Filtrat zur Trockne verdampft, wobei der Milchzucker zurückbleibt. Zur Controle kann man den Milchzucker in Wasser lösen und mittelst weinsauren Kupferoxyd-Kalis oder mittelst des Polarisationsapparats prüfen, wie im Artikel Zucker beschrieben wird.

Nach der Bestimmung des Fetts und des Milchzuckers besteht der Rest der Trockensubstanz aus Casein, anorganischen Salzen und geringen Mengen von nicht bekannten Extractivstoffen. Die anorganischen Salze bestimmt man, indem man ein größeres Quantum Milch in einer Platinschale zur Trockne verdampft, glüht bis keine Dämpfe mehr entweichen, die zurückbleibende Kohle mit siedendem Wasser von allen löslichen Salzen, die die Verbrennlichkeit verhindern, erschöpft, dann die gewaschene Kohle vollständig einäschert, mit der Asche die wäßrige Lösung der Salze zur Trockne verdampft, gelinde glüht und so das Gewicht der anorganischen Substanz bestimmt.

Das Casein gemeinschaftlich mit dem Albumin ist am einfachsten aus dem Stickstoffgehalt zu bestimmen. 5 bis 6 Grm. Milch werden unter Zusatz von Gips zur Trockne verdampft, der Rückstand mit Natron-Kalk gemischt und der Stickstoffgehalt bestimmt wie bei Ammoniak S. 576 beschrieben ist. Da beide sehr nahezu 16 Proc. Stickstoff enthalten, so findet man die Menge des vorhandenen Albumins und Caseins, indem man die gefundene Menge Stickstoff mit 6,25 multiplicirt.

Will man die Menge des Albumins nachweisen, so vermischt man die Milch mit etwas Lab, erwärmt so lange auf 30 bis 40°, bis sich alles Casein abgeschieden hat, seiht dieses durch ein Stückchen feines leinenes Zeug, preßt aus und filtrirt die Flüssigkeit, wenn sie nicht ganz klar sein sollte. Das Filtrat wird bei alkalischer Reaction mit ein paar Tropfen Essigsäure vermischt und zum Sieden erhitzt, wobei sich das Albumin in Flocken abscheidet. Diese werden auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, gewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen. Das Gewicht des Albumins abgezogen von dem Gewicht des aus der Stickstoffbestimmung berechneten Gewichts des Albumins und Caseins giebt den Gehalt an Casein.

Die Ausführung aller dieser Bestimmungen ist in den meisten Fällen nicht erforderlich. Da, wo absolute Genauigkeit nicht wesentlich erforderlich ist, kann man sich einer von Haidlen empfohlenen Methode, die sehr annähernd genaue Werthe liefert, bedienen.

Die mit Gips verdampfte Milch, in welcher der Gehalt an Trockensubstanz bestimmt ist, wird nach einander mit Aether und Alkohol extrahirt und die Gewichte des im Aether gelösten Fettes und des vom Alkohol aufgenommenen Milchzuckers bestimmt. Der Rückstand wird dann bei 100° getrocknet und giebt nach Abzug der angewandten Menge Gips den Gehalt an Casein.

Zu einer annähernden Beurtheilung der Güte der Milch kann man die Menge der sich in 24 Stunden abscheidenden Sahne messen. Es sind zu diesem Zweck verschiedene Instrumente, Rahmmesser, Laktometer, Galaktometer construirt. Das einfachste derselben ist ein Glascylinder, der durch Theilstriche in 100 gleiche Volume getheilt ist. Man füllt diesen Rahmmesser bis zu dem obersten Theilstrich mit frischer Milch, der man nach Krocker's Vorschlag, um Gerinnung zu verhüten, ungefähr 1 Proc. ihres Gewichts krystallisirte Soda zugesetzt hat, und läßt in einem mäßig warmen Raume stehen. Nach 24 Stunden hat sich der Rahm an der Oberfläche abgeschieden und schwimmt als dickliche, hellgelbliche Flüssigkeit auf der bläulich gefärbten Milch. Die Zahl der Theilstriche, bis zu welcher die Rahmschicht reicht, wird abgelesen und darnach die Güte der Milch beurtheilt, wobei man annimmt, daß 4 Volumth. Rahm einem Gewichtsth. aus der Milch gewinnbarer Butter entspricht.

Die Abscheidung des Rahms in einem hohen cylindrischen Gefäße, in welchem die Fetttheilchen einen weiten Weg zurückzulegen haben, ehe sie sich an der Oberfläche sammeln, ist nie vollständig. Um diesem abzuhelfen, construirte Krocker einen Rahmmesser in Form einer Schale, an welche unten ein Glasrohr angesetzt ist, welches durch einen eingeschliffenen Glasstab, der bis über die Oberfläche der Schale reicht, verschließbar ist. Von der zu prüfenden Milch mißt man in dem 100theiligen Cylinder 100 Raumtheile ab, setzt Soda zu, bringt sie in die Schale und läßt 24 Stunden

stehen. Nach dieser Zeit setzt man den Apparat auf den Cylinder, lüftet den Glasstab vorsichtig und läßt die Milch in den Cylinder abfließen. Sobald die Sahne anfängt am Ausfluß zu erscheinen, setzt man den Glasstab wieder ein und liest dann an dem Cylinder die Zahl der Volumtheile sahnefreier Milch ab.

Von allen unseren Nahrungsmitteln wird wohl keines so häufig verfälscht wie die Milch; Entfernung eines Theils der Sahne, Verdünnung mit Wasser sind die täglich sich wiederholenden Unredlichkeiten der Verkäufer. An den meisten Orten widmet die Polizei ihre besondere Aufmerksamkeit diesen Betrügereien, doch fehlt leider ein Mittel, um sofort mit Sicherheit eine solche Fälschung und den Grad, bis zu welchem dieselbe ausgeübt ist, zu constatiren. Eine völlig abgerahmte Milch läßt sich zwar augenblicklich durch das Ansehen von einer frisch gemolkenen unterscheiden, indem letztere völlig undurchsichtig ist und von einem blanken Eisenstabe wie fettig abfließt, während abgerahmte am Eisenstabe bläulich durchscheint. Ist aber nur ein Theil des Rahms entfernt oder nur ein mäßiger Wasserzusatz gemacht, so ist eine sichere Beurtheilung nach dem Ansehen nicht möglich. Die einzig leicht und rasch genug ausführbare Bestimmung, nach welcher man die Qualität einer Milch wenigstens annähernd bestimmen kann, ist die des specifischen Gewichts. Bei der Beurtheilung der Angaben desselben ist jedoch in Betracht zu ziehen, daß die Milch aus Stoffen besteht, welche im entgegengesetzten Sinne auf das specifische Gewicht influiren. Das Fett verringert es, Milchzucker, Salze, Casein erhöhen es, so daß eine an Fett reiche aber an Casein, Milchzucker ꝛc. arme, also sahneartige Milch ein geringeres specifisches Gewicht zeigt, als eine an Fett arme. Würde man also eine abgerahmte Milch mit Wasser vermischen, so würde diese wieder dasselbe specifische Gewicht wie frische Milch haben. Aus diesem Grunde haben sich Manche gegen die Anwendung von Aräometern zur Beurtheilung der Güte der Milch erklärt. Aber verbindet man nur die geringste Kenntniß von der Beschaffenheit der Milch mit ihrer Prüfung, so kann man durch eine derartige Manipulation nicht getäuscht werden, da die Milch dann sofort durch ihr Ansehen als verdünnte erkannt werden kann.

Es sind zur Prüfung der Milch verschiedene Aräometer construirt, von denen das von Dörffel in Norddeutschland wohl am verbreitetsten ist. Dasselbe ist in 20 gleich große Grade getheilt, von denen der Nullpunkt bei 15° C. dem Wasser, der zwanzigste Grad, nach Otto's Untersuchungen, einem specifischen Gewicht von 1,0383 entspricht. Nach demselben zeigt reine unverfälschte Milch fast durchgängig 17° dieser Milchwage, während abgerahmte 18 bis 19° und rahmartige Milch 16° zeigt. Jede nicht rahmartige Milch, welche nicht mehr als wenigstens 14° hat, ist demnach unbedenklich als absichtlich verfälscht zu bezeichnen und zu confisciren. Nur sollte solche confiscirte Milch nicht wie üblich vernichtet werden, sondern wohlthätigen Anstalten, Krankenhäusern, Kinderbewahranstalten zu Gute kommen!

In Süddeutschland verwendet man vielfach die Milchwage von Mollenkopf, ein Aräometer mit Thermometer, dessen Scala in 100 gleiche Theile getheilt ist. Nach Rueff zeigt eine frisch gemolkene gute Milch bei 15° C. 79° dieser Milchwage und man betrachtet eine solche, die nicht wenigstens 70° dieses Instruments zeigt, als confiscirbar.

Conservirung der Milch. Bei dem raschen Verderben der Milch ist ihre Erhaltung ohne besondere Vorsichtsmaßregeln unmöglich und man mußte daher bislang auf Seereisen, auf Feldzügen, im Lager auf dieses beste aller Nahrungsmittel verzichten. Es sind zwar manche Versuche gemacht, sie durch Abdampfen bei gelinder Wärme und durch Zusatz von Zucker einzutrocknen, doch liefert diese Substanz nach dem Aufweichen in Wasser kein Getränk, welches sich irgend wie der frischen Milch vergleichen ließe. Erst in neuerer Zeit ist dieses Problem ausgeführt und dem Entdecker der Methode, Mabru, von der Société d'Encouragement ein Preis zuertheilt. Sein Verfahren besteht darin, daß er die Milch in Flaschen von verzinntem Eisenblech, an deren Hals eine längere Zinnröhre mit Trichter angelöthet ist, in einem Kasten durch Dampf auf 75 bis 80° C. erhitzt. Die Flaschen und Trichter sind dabei ganz mit Milch gefüllt und auf derselben schwimmt eine dünne Schicht feines Oel. Erhält man die Milch etwa eine Stunde lang bei dieser Temperatur, so wird alle Luft ausgetrieben und alle Keime von Pilzen getödtet. Alsdann läßt man langsam erkalten, drückt die weiche Zinnröhre unmittelbar über dem Hals der Flasche platt, schneidet sie dort ab und verlöthet luftdicht. Es kann so nie Luft mit der Milch wieder in Berührung kommen und ihre Erhaltung ist gesichert. Proben, welche Jahre lang in solchen Flaschen aufbewahrt waren, während der Zeit eine Reise nach Brasilien gemacht hatten und dort mehrere Wochen lang der Temperatur des tropischen Klimas ausgesetzt waren, erwiesen sich bei der Eröffnung als durchaus wohl erhalten.

Butter. Geschichtliches. Obgleich die Butter jetzt als eins der gewöhnlichsten Dinge betrachtet werden kann, so waren die Alten doch fast völlig unbekannt mit derselben. Die ersten Uebersetzer der Bibel glaubten, daß die Butter darin erwähnt werde, neuere Kritiker behaupten aber, der Ausdruck, welcher von jenen durch Butter übersetzt sei, bezeichne nur Milch oder vielleicht saure, geronnene Milch. Das Wort bezieht sich offenbar auf eine Flüssigkeit, da sie zum Waschen der Füße benutzt wurde; außerdem soll sie einen berauschenden Einfluß haben, welcher ja auch der gegohrenen Milch zukommt. In vielen Ausgaben der Bibel findet man im 13. Cap. der Sprüchwörter: die Butter werde durch Schlagen und Schütteln bereitet; im Urtexte bezeichnen die Worte aber mehr ein Auspressen und beziehen sich offenbar auf das Melken und nicht auf das Buttern.

Herodot erwähnt die Butter in seinem Bericht über die Scythen; seine Angabe ist aber dunkel und zweifelhaft. Hippokrat, welcher fast gleichzeitig mit ihm lebte, spricht klarer über den Gegenstand und führt auch den Käse an. Der Dichter Anaxandrides, der kurze Zeit nach Hippokrat lebte, sagt bei einer Beschreibung des bei der Hochzeit des Iphikrates stattfindenden Festmahles: die Thracier äßen Butter, welche die Griechen damals für ein höchst wunderbares Nahrungsmittel hielten.

Das Wort Butter findet sich nicht im Aristoteles, obgleich er sehr genaue Angaben über Milch und Käse macht. Strabo spricht an drei verschiedenen Stellen von diesem Gegenstand, es läßt sich aber wenig Sicheres daraus entnehmen. Plutarch erzählt: eine spartanische Dame habe der Berenice, der Frau des Dejotarus, einen Besuch gemacht, die erstere habe aber so sehr nach süßer Salbe, die letztere nach Butter gerochen, daß keine von Beiden die Andere habe ertragen können. Aelian sagt: die Indier bestrichen die Wunden ihrer Elephanten mit Butter.

Dioskorides und Galen geben wichtigere Auskunft. Der Erstere sagt: die Butter werde aus der fettesten Schafmilch bereitet, indem man sie in einem Gefäß so lange bewege, bis die Butter sich abscheide. Dieser Butter schreibt er dieselben medicinischen Eigenschaften zu, welche wir bei der heutigen wahrnehmen.

Er scheint der erste Schriftsteller gewesen zu sein, welcher die Anwendung der Butter in der Kochkunst erwähnt hat. Zu jener Zeit bereitete man einen Ruß aus der Butter, welcher äußerlich bei Augenentzündungen und anderen Krankheiten angewandt wurde. Zu diesem Zwecke verbrannte man die Butter in einer stets vollgehaltenen Lampe und ließ den Ruß in einem darüber angebrachten Gefäße absetzen.

Galen bemerkt, die Kuhmilch gäbe die beste Butter, die der Ziege sei weniger reich, die des Esels am wenigsten zur Butterbereitung geeignet. Er ist sehr darüber verwundert, daß Dioskorides sage, die Butter werde aus Schaf- und Ziegenmilch bereitet. Die Butter eignet sich nach ihm sehr gut zur Darstellung von Salben; auf Leder wirkt sie ebenso erweichend wie Oel. Am Ende des zweiten Jahrhunderts scheint die Butter den Griechen und Römern noch sehr wenig bekannt und von ihnen angewandt worden zu sein. Die Schriftsteller der Römer, welche die Sitten der alten Germanen anführen, erzählen, sie lebten vorzüglich von Milch. Sie sind indessen in einem Punkte uneinig, da Einige sagen, sie kennten den Käse, während Andere das Gegentheil behaupten. Plinius sagt, sie hätten keinen Käse gehabt, sie bereiteten aber Butter, welches ein sehr angenehmes Nahrungsmittel sei.

Nach diesen verschiedenen geschichtlichen Anführungen kann man mit Recht darauf schließen, die Griechen und Römer seien nicht die Erfinder der Butterbereitung gewesen. Die Ersteren sind durch die Scythen, Thracier und Phrygier, die Letzteren durch die Germanen damit bekannt geworden. Beckmann glaubt, sie hätten sie, nachdem sie die Kunst ihrer Darstellung gelernt, nur als Salbe in ihren Bädern und namentlich als Arzneimittel angewandt. Galen und Andere erwähnen ihrer niemals als eines Nahrungsmittels, obgleich sie viele andere Verwendungen derselben anführen. Weder Apicius, noch andere landwirthschaftliche Schriftsteller erwähnen ihrer, obgleich sie genaue Berichte über Milch, Käse und Oel geben. Die Alten müssen allgemein Oel angewandt haben, wie es auch noch jetzt in Italien, Süd-Frankreich und Spanien geschieht. Dort wird die Butter fast nur in Apotheken für medicinische Zwecke verkauft.

Während des Heidenalters scheint die Butter auch noch in Skandinavien selten gewesen zu sein; Schriftsteller erwähnen eines sehr werthvollen Geschenkes, welches in einem Butterklumpen, der so groß war, daß ein Mann ihn nicht tragen konnte, bestanden habe.

Darstellung. Zur Gewinnung einer guten Butter ist, außer der guten Beschaffenheit der Milch, nichts so sehr erforderlich als die allergrößte Sorgfalt auf die Erhaltung der Milch. Die beste wohlschmeckendste Milch liefert Butter von unerträglichem Geschmack, sobald hierin gefehlt ist und nicht alle irgend wie nachtheilig wirkenden Einflüsse beseitigt sind. Von dem Augenblicke an, wo die Milch dem Euter der Kuh entzogen ist, bis zu dem, wo die Butter dem Käufer übergeben ist, muß vor Allem auf die allergrößte Reinlichkeit und Sauberkeit gehalten werden. Keine Substanz nimmt so leicht Geschmack und Geruch an wie Butter und bei keinem Nahrungsmittel ist der geringste Beigeschmack wohl in so hohem Grade unangenehm wie bei diesem. Die schönste Tafelbutter in einem Tuche, in welchem nur Spuren von saurer Milch vorhanden sind, zu Markte gebracht, wird dadurch ungenießbar.

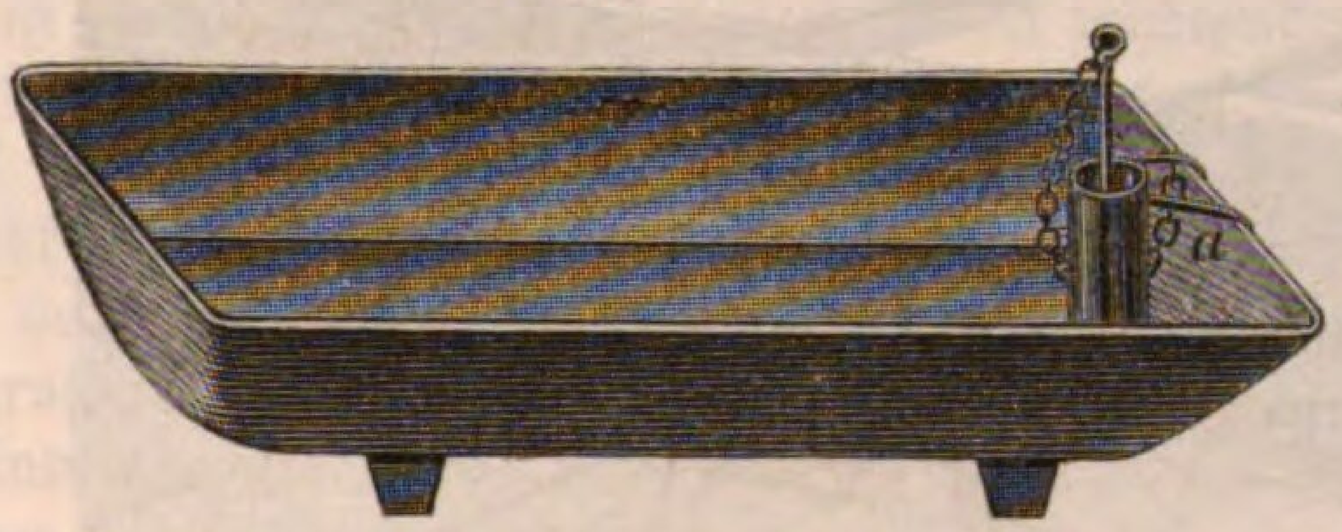
Zur Aufbewahrung der Milch und zur Bereitung der Butter sollten nur von allen übrigen Wirthschaftslocalitäten getrennte und namentlich von den Viehställen entfernte Räume dienen. Am besten ein eignes nur für diesen Zweck bestimmtes ganz massives Gebäude mit gewölbten Decken, dessen Front nach Norden liegt und dessen andere Seiten durch Schatten gebende Bäume vor den Strahlen der Sonne geschützt sind. Der Fußboden desselben ist am zweckmäßigsten aus Asphalt gegossen und hat man reines kaltes fließendes Wasser, so leitet man zweckmäßig dieses in einer Asphaltrinne während der heißen Sommertage durch die Milchstube. Im Winter wird die Temperatur durch einen großen, von außen heizbaren Kachelofen Tag und Nacht möglichst gleichförmig gehalten und durch Doppelfenster und doppelte Thüren jede Abkühlung vermieden. Durch tägliches Abschwemmen des Fußbodens, durch nach jedem Gebrauch wiederholte Waschungen aller Gefäße ist jede Spur von verschütteter oder anhängender Milch zu entfernen, weil diese sonst leicht in Säuerung übergehen und die Luft des ganzen Raumes mit Fermentkörperchen erfüllen würde; in den Poren und den Fugen der Gefäße zurückgelassene halbsaure Milch bewirkt augenblicklich die Säuerung der übrigen Milch.

Die Milch wird nur in seltenen Fällen als solche zur Butterbereitung verwandt, meistens bedient man sich dazu nur des Rahms, weil es nicht möglich ist, alles Fett aus der Flüssigkeit zu gewinnen, und daher um so mehr Fett verloren wird, in je mehr Flüssigkeit dasselbe vertheilt ist. Zur Abscheidung des Rahms muß die Milch längere Zeit (36 bis 48 Stunden) aufbewahrt werden. Sie wird zu dem Zweck gleich nachdem sie aus dem Stalle gekommen und durch ein sehr sauberes Tuch filtrirt ist, in eigene flache Gefäße vertheilt, worin sie ruhig stehen bleibt, bis der Rahm sich an der Oberfläche abgelagert hat. Diese Gefäße, Milchschüsseln, Setten, Satten, sind entweder aus weißem Holz, oder mit Oelfarbe gestrichen, aus Steinzeug, aus Glas oder emaillirtem Gußeisen oder verzinntem Eisenblech und immer mehr weit als hoch. Bei der Neuan-

schaffung sollte man immer das Material wählen, welches bei größter Dauerhaftigkeit größte Reinlichkeit und leichteste Behandlung zuläßt. Dieses ist jedenfalls ein starkes verzinntes Eisenblech, oder emaillirtes Eisen.

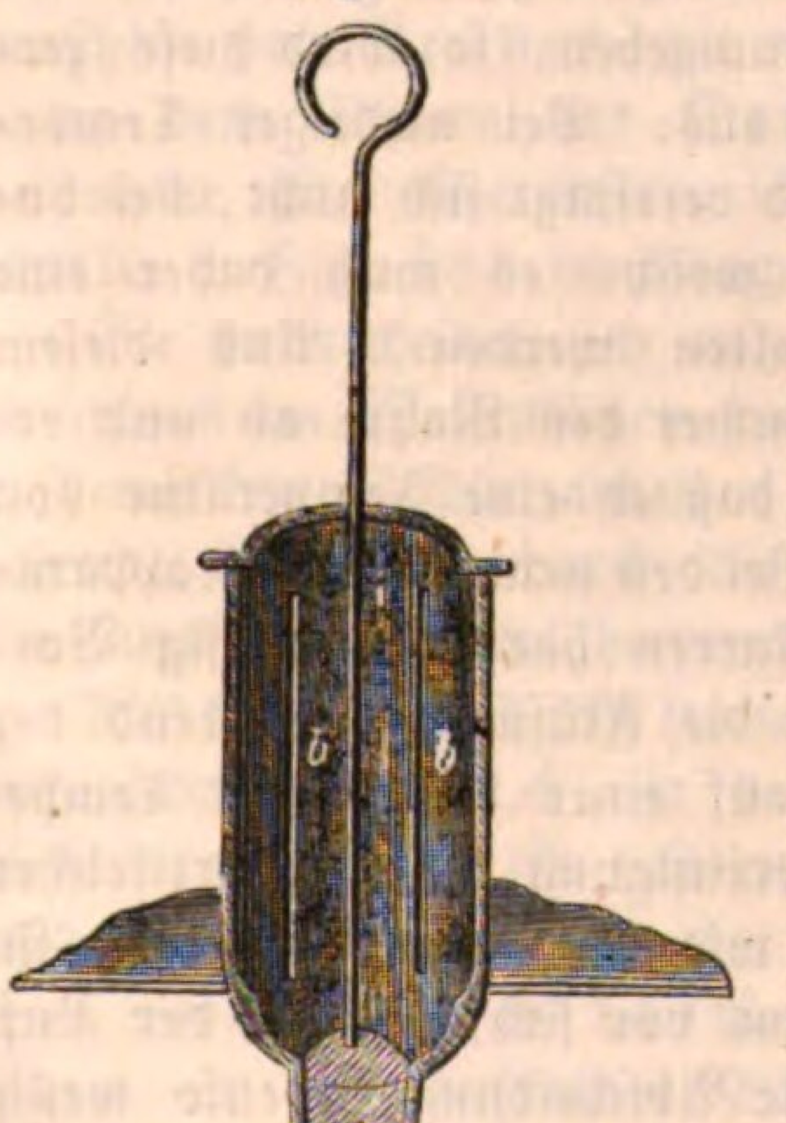
Die sämmtlichen Molkereigefäße des schwedischen Majors Gußander, welche durchaus mit Recht so viel Anerkennung gefunden haben, sind aus verzinntem Blech gefertigt. Die gewöhnlichen irdenen und hölzernen Milchschüsseln sind 5 bis 6 Zoll hoch bei einem Durchmesser von etwa 12 Zoll, so daß die Fettmasse erst weit zu steigen hat, bis sie an die Oberfläche gelangt, wodurch die Abscheidung sehr verzögert wird. Statt dessen gab Gußander den Milchgefäßen eine weit flachere Form und brachte daran eine äußerst einfache und sinnreiche Vorrichtung an, um die Milch unter dem Rahme abzulassen. Ein solches Gefäß ist in Fig. 376 dargestellt. Es ist viereckig, höchstens 2 Zoll

Fig. 376.



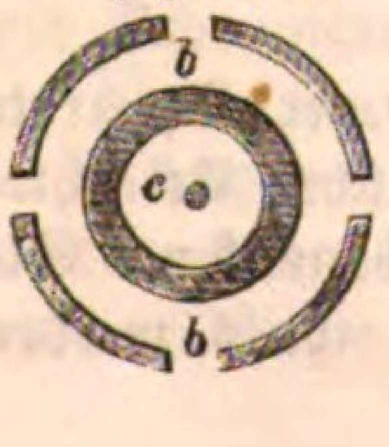
tief und von solchem Umfange, daß es 8 sächsische Kannen Milch faßt. Der Rand ist in einem Winkel von etwa 40° aufwärts gebogen und alle Kanten sorgfältig abgerundet. Im Boden an der einen schmalen Seite ist zum Ablassen der Milch eine Oeffnung angebracht, die, wenn das Gefäß gefüllt ist, durch den kleinen messingenen Stempel *c* (Fig. 377) geschlossen wird. Um beim Ablassen der Milch nicht zugleich den Rahm abfließen zu lassen, ist über der Oeffnung ein kleiner Cylinder *a* angelöthet, der ungefähr dieselbe Höhe hat, wie das Gefäß und durch seine engen Spalten *b* wohl die dünnflüssige abgerahmte Milch, nicht aber den dickflüssigen Rahm abfließen läßt. Die Fig. 377 und 378 zeigen den Cylinder der Deutlichkeit halber in vergrößertem Maßstabe.

Fig. 377.



Ein Hauptvorzug dieser Apparate besteht darin, daß die Rahmabscheidung kaum 24 Stunden erfordert. Nach etwa 23stündigem Stehen kann man die ganz rahmfreie, aber noch vollkommen süße Milch abziehen, den auf dem Boden zurückbleibenden Rahm mittelst eines Hornspatels in ein anderes Gefäß entleeren und dann das Milchgefäß nach sorgfältiger Reinigung mit heißem Wasser sofort wieder benutzen.

Fig. 378.



Bedingung zur möglichst vollständigen Ausscheidung des Rahmes ist zunächst Verhinderung der Säuerung und dann Regulirung der Temperatur. Bei niedriger Temperatur ist die Milch dickflüssig und in Folge dessen tritt der Rahm nur langsam an die Oberfläche, bei höheren Wärmegraden wird aber die Säuerung und damit das Gerinnen befördert. Tritt letzteres ein, ehe aller Rahm an die Oberfläche gelangt ist, so ist der noch in der geronnenen Milch enthaltene nicht mehr zu gewinnen. Da in hohen Gefäßen die Rahmausscheidung immer nur langsam erfolgt und die Milch in Folge dessen lange darin verweilen muß, so muß man die Temperatur niedrig halten, um Säuerung zu vermeiden. Da die Säuerung namentlich rasch bei Temperaturen über 15° C. eintritt, so sollte man die Milch unmittelbar nach dem Melken bis zu dieser Temperatur durch Einstellen in kaltes Wasser oder Eis abkühlen. Ganz anders ist es mit den Gußander'schen Gefäßen; hier ist eine höhere Temperatur gerade erwünscht, die Milch kann mit Vortheil unmittelbar nach dem Melken eingefüllt werden und sollte nie darin unter 16° C. erkalten. Bei der absoluten Reinlichkeit dieser Gefäße ist selbst bei hoher Temperatur kein Verderben zu befürchten, indem kein Ferment darin zurückbleiben kann.

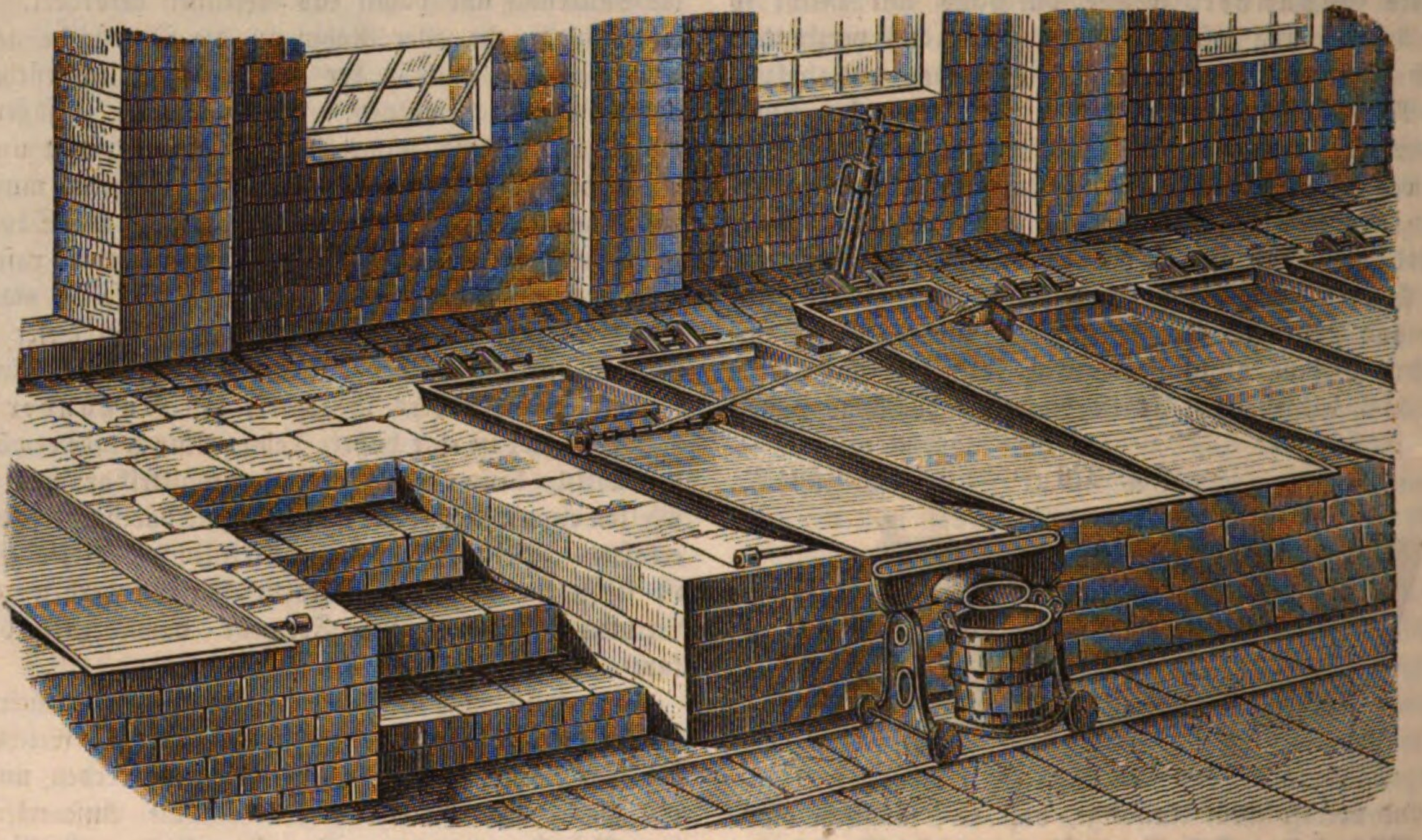
Ebenfalls nach dem Gußander'schen Princip sind die in Fig. 379 dargestellten Milchgefäße, welche von der Carlshütte in Schleswig geliefert werden und bei der Hamburger Ausstellung 1863 die Aufmerksamkeit der Besucher erregten. Die sämmtlichen Gefäße sind von emaillirtem Eisen. Sie sind, wie die Figur nachweist, auf einer gemauerten Bank im Molkenkeller aufgestellt, so hoch, daß ihr Inhalt durch Hebung des hinteren Theils in einen Eimer abgegossen werden kann.

Am vorderen Theil des Bodens der Milchgefäße sind zwei Zapfen befestigt, die sich in Lagern drehen können, so daß man durch die hinten eingesetzte Hebewelle den Gefäßen leicht jede beliebige Neigung geben kann. Sobald der Rahm sich abgeschieden hat, neigt man die Gefäße so weit als geschehen kann, ohne daß freiwillig etwas ausfließt. Der auf einem Schienengeleise laufende eiserne emaillirte Trichter wird dann vorgeschoben und das zur Aufnahme der Sahne bestimmte Gefäß unter dessen Oeffnung gestellt. Der Abzug der Sahne geschieht dann auf eine ebenso zweckmäßige, wie einfache Weise, indem man den auf dem Rande der Gefäße auf zwei kleinen Rädern ruhenden Spatel an der Zugstange faßt und vorsichtig langsam über die Oberfläche der Milch führt, wobei er die Sahne mit fortnimmt und sie in den Trichter entleert. Nach der Entfernung der Sahne wird der Sahnebehälter fortgenommen und ein Milcheimer unter den Trichter gestellt, worauf man dem Gefäß eine solche Neigung giebt, daß die Milch durch den Trichter in den Eimer fließt.

Diesem Verfahren ganz entgegengesetzt ist das von Trommer empfohlene. Man soll die Gesammtmenge der täglich gemolkenen Milch in einen großen Kübel bringen und darin im Sommer mit $1\frac{1}{2}$, im Winter mit 1 Proc. ihres Gewichts reiner krystallisirter Soda, in wenig Wasser gelöst, vermischen. So bleibt die Milch 3 bis 5 Tage stehen und wird nach Verlauf dieser Zeit durch einen Hahn am Boden des Kübels abgezapft und

der Rahm dann beseitigt. Das kohlensaure Natron oder die Soda verhindert die Bildung der Milchsäure nicht, es neutralisirt dieselbe aber und verbindet sich damit zu einem Salze, so daß keine freie Säure in der Flüssigkeit bleibt und in Folge dessen der Kässtoff nicht gerinnt.

Fig. 379.



Verglichen mit der Gußander'schen Methode, ist diese jedenfalls nur von sehr geringem Werth, indem bei jener die abgerahmte Milch vollkommen süß und genießbar bleibt, diese aber höchstens als Viehfutter benutzt werden kann und eine Reinerhaltung dieser großen Gefäße kaum möglich ist.

Die wohlschmeckendste Butter erhält man immer aus möglichst frischem Rahm und namentlich aus dem, welcher sich aus der fettreichsten Milch zuerst abgesetzt hat. Zur Darstellung von hochfeiner Butter fängt man daher die zuletzt aus den Euter kommenden Portionen Milch für sich auf und nimmt von dieser nur den Rahm, welcher sich schon nach 12 Stunden abgeschieden hat. Für zur längeren Aufbewahrung bestimmte Butter verarbeitet man aber nie süßen Rahm, weil erfahrungsmäßig solche Butter, wiewohl anfangs am wohlschmeckendsten, doch nicht haltbar ist. Hat man raschen Absatz der Butter, so kann man unbedenklich den Rahm unmittelbar nach seiner Gewinnung verarbeiten und hat dann den Vortheil, daß die zurückbleibende Buttermilch vollkommen süß ist und zur Darstellung von Käse benutzt werden kann, während man die saure Buttermilch sonst nur zur Schweinemast gebrauchen kann. In Schweden, wo man allgemein die Gußander'sche Methode befolgt und den Rahm nicht älter wie 24 Stunden werden läßt, ist die süße Buttermilch zur Bereitung eines sehr wohlschmeckenden Käses sehr geschätzt. Man gewinnt dabei aus dieser Buttermilch doppelt so viel Käse wie aus abgerahmter Milch.

Will man den Rahm erst säuern lassen, so bewahrt man ihn in einem größeren Gefäß, außerhalb der Milchstube, bis sich die erforderliche Menge davon angesammelt hat und der Rahm durch ausgeschiedenen Kässtoff eine solche Consistenz angenommen hat, daß ein hölzerner Löffel darin steht. Während der Zeit rührt man ihn manchmal um, um eine Bildung von festen Klumpen zu vermeiden und die neu hinzugekommenen Mengen Rahm mit den älteren zu mischen.

Die Abscheidung des Fettes auf dem Rahm geschieht durch heftige Bewegung, wobei die kleinen Fettpartikelchen an einander gerieben und als plastische Masse zusammengeklebt werden. Sind die Fettkügelchen in der Milch mit einer Membran umgeben, so wird diese zerrissen und das Fett tritt aus. Bei niedriger Temperatur ist das Fett starr und vereinigt sich nicht, bei hoher Temperatur ist es zu weich, es muß daher eine mittlere Wärme innegehalten werden. Aus diesem Grunde kühlt man im Sommer den Rahm ab und erwärmt ihn im Winter, so daß er eine Temperatur von etwa 15 bis 20° C. hat. Bei den neueren Butterapparaten, Butterfässern, Butterkarren hat man häufig Vorrichtungen angebracht, um die Flüssigkeit während der Ausscheidung der Butter auf einer bestimmten Temperatur zu erhalten. Die Vereinigung der Fettpartikelchen geht ebenso gut in frischer wie in saurer Milch, in süßem oder in saurem Rahm vor sich, Zutritt der Luft hat keinen Einfluß auf die Abscheidung, ebenso wenig ein Zusatz von Säuren oder Alkalien. Es ist einfach eine mechanische Wirkung, welche die Butter von dem flüssigen Theil des Rahms trennt.

Es ist eine große Anzahl verschiedener Apparate zum Buttern construirt, die im Wesentlichen Erleichterung der Arbeit auf verschiedene Weise bezwecken. Sie sind theils zum Handbetrieb eingerichtet, theils werden

sie durch Treträder, Göpel- oder Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt. Je nach der motorischen Kraft, welche zur Verfügung steht, kann aber leicht der Mechanismus eines jeden Apparats eingerichtet werden. Man kann bei diesen Apparaten unterscheiden

1) solche, die durch Stoß und Schlag wirken;

2) solche, die namentlich durch kräftiges Rühren wirken, und bei diesen ist zu unterscheiden:

a) die Achse des Rührwerks steht vertical;

b) die Achse des Rührwerks liegt horizontal;

3) solche, bei denen durch Schütteln die Vereinigung herbeigeführt wird.

Zu den Apparaten der ersten Ordnung gehört unser gewöhnliches deutsches Butterfaß, welches fast zu bekannt ist, um beschrieben zu werden: Ein mit einem Deckel versehenes cylindrisches oder schwach conisches Faß, in welchem ein durchlöcherter Stempel durch eine Oeffnung im Deckel auf- und abgeführt wird.

Diesem am ähnlichsten ist das Gußander'sche Faß. Es ist ein Cylinder von Weißblech, dessen trichterförmiger Deckel es oben verschließt. Statt des flachen Stempels ist an dem Stabe, welcher durch eine hohle, mit Handhaben versehene Blechröhre gebildet wird, unten eine durchlöcherte Glocke von Weißblech befestigt, welche so groß ist, daß sie bis nahe an die Wandungen des Cylinders reicht und dadurch eine sehr kräftige Bewegung in der Flüssigkeit hervorruft.

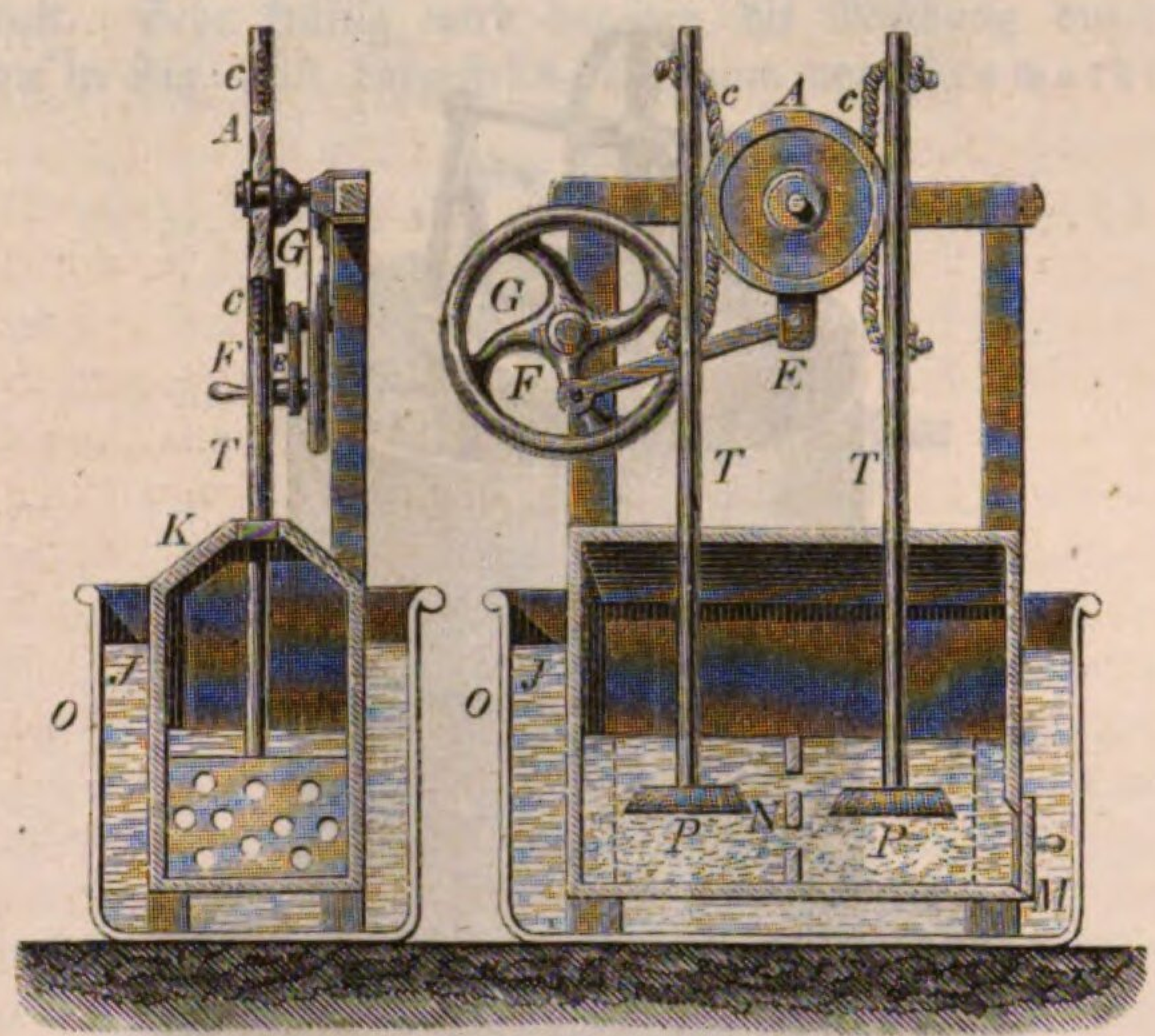
Fast ebenso ist das amerikanische Butterfaß, mit dem Unterschiede, daß der Cylinder von Holz ist. Der Stempel ist eine Glocke oder ein durchlöcherter Kegel, der mit einem oben und unten offenen eisernen Rohr verbunden ist. Oben an diesem Rohr ist ein Ventil angebracht, welches sich nach innen öffnet. Beim jedesmaligen Emporziehen dringt die Luft durch das Ventil und füllt die Glocke. Beim raschen Niederdrücken dringt die Luft aus den feinen Oeffnungen hervor und durchstreicht die Flüssigkeit, wodurch die Bewegung derselben sehr verstärkt wird.

Ebenfalls durch Stoß und Schlag wirkt die Buttermaschine von Rennes, die mit geringen Abänderungen unter dem Namen der Drummond'schen Maschine bekannter ist. Die erstere ist in Fig. 380 im Querschnitt, in Fig. 381 im Längenschnitt dargestellt.

Sie unterscheidet sich von den gewöhnlichen Buttermaschinen im Wesentlichen dadurch, daß zwei Stempel in demselben Gefäße arbeiten und daß die auf- und abgehende Bewegung durch die weit leichter ausführbare Drehung einer Kurbel hervorgebracht wird.

Aus den Figuren geht hervor, daß dieser Mechanismus aus einer Scheibe A, in deren äußeren Umkreis eine Rille eingeschnitten ist, besteht. Sie ist um eine feststehende Achse beweglich. In der Rille liegen die Seile cc, deren eines Ende in der Peripherie der Scheibe, das andere an der äußersten Extremität des Pistonstabes TT befestigt ist. An der Scheibe ist ein eiserner Arm angebracht, der durch die Verbindungsstange E mit dem Schwungrad G bei F vereinigt wird. Der Bolzen F, welcher die Verbindung bewerkstelligt, ist in einer Richtung verlängert, so daß er eine Handhabe bildet, mittelst derer das Schwungrad in Umdrehung versetzt wird. Da die Entfernung von dem Mittelpunkte der Seilscheibe bis zum Drehpunkte der Verbindungsstange in dem eisernen Arme größer ist als der Radius von F, so ist es klar, daß A nur einen Kreisbogen beschreiben kann, dessen Weite doppelt so groß wie der Radius

Fig. 380. Fig. 381.



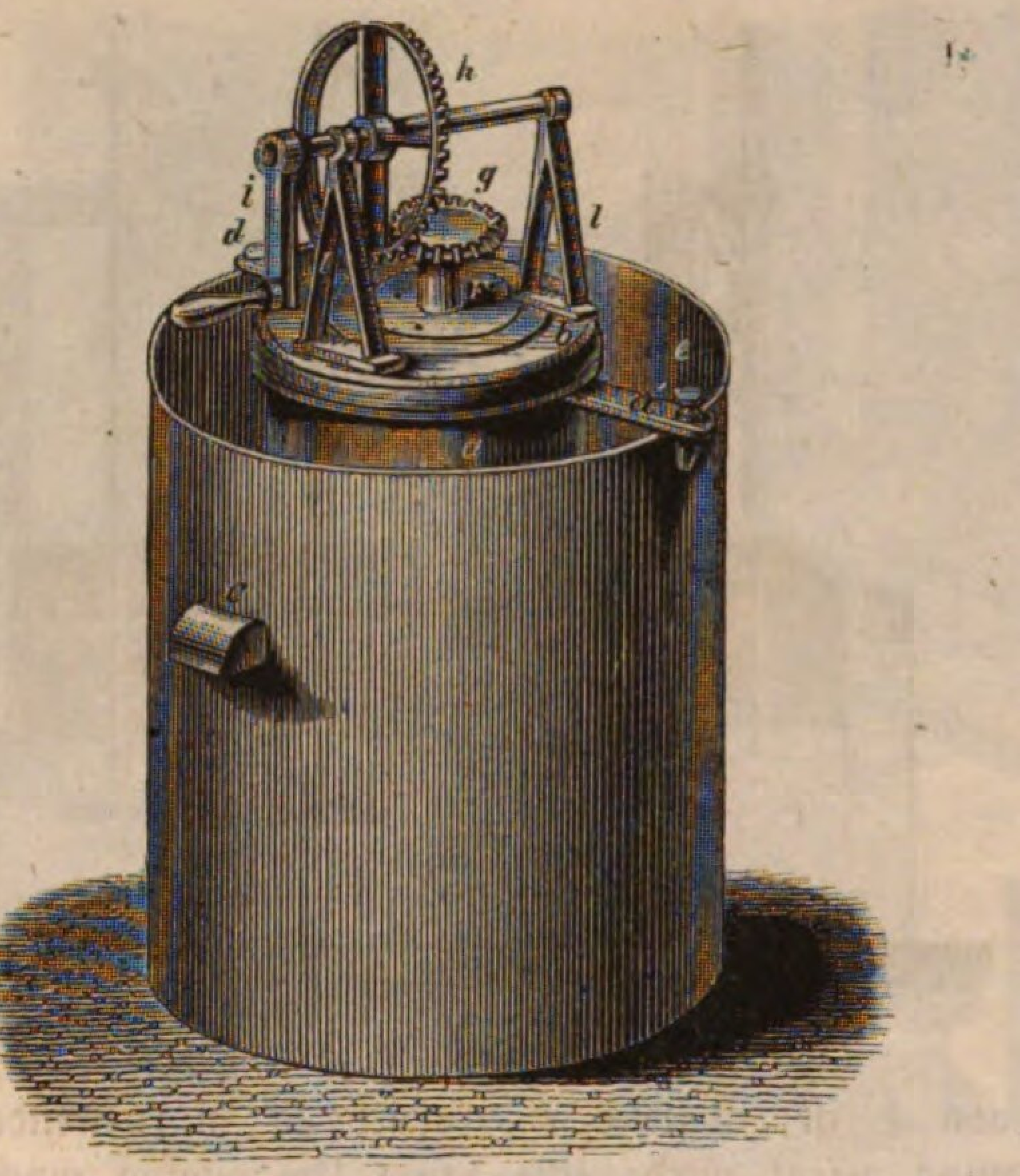
von F ist, obgleich F, sobald es in rotirende Bewegung gesetzt wird, eine ganze Umdrehung macht. Da der Arm unbeweglich mit der Scheibe verbunden ist, so kann diese nur eine halbkreisförmig abwechselnde Bewegung machen. Bei dieser Bewegung beschreiben die Befestigungspunkte der Seile cc nothwendigerweise dieselben Kreise wie die Scheibe und zwingen daher die Stäbe T, mit denen sie ebenfalls verbunden sind, abwechselnd auf- und abzusteigen. Da diese Stäbe sich durch eine Oeffnung im Deckel des Kastens J bewegen, so werden sie stets in verticaler Richtung gehen, und da die Verbindungspunkte der beiden Pistons in der Seilscheibe einander gerade gegenüber liegen, so muß das eine stets steigen, wenn das andere fällt.

Der Kasten J, welcher die Sahne enthält, ist so eingerichtet, daß man die Materialien mit großer Leichtigkeit einfüllen und herausbringen kann. Im oberen Theile des Deckels ist eine Oeffnung K, die mit einer Klappe nach Belieben geöffnet oder geschlossen werden kann. Auf dieselbe Weise ist unten eine Oeffnung angebracht, durch die die Buttermilch abfließen kann. Während der Operation wird sie durch das Ventil M verschlossen. Der Apparat wird durch eine verticale, durchlöcherte Scheidewand N in zwei Räume getheilt, die jeder ein Piston aufnehmen. Der ganze Apparat kann in ein größeres Gefäß O aus Metall oder Holz, welches entweder kaltes oder nach Bedürfniß warmes Wasser enthält, gestellt werden, wodurch die Abscheidung beschleunigt wird.

Ein sehr hübscher Apparat, der in Fig. 382 dargestellt ist, gehört zur zweiten Abtheilung. Der Haupttheil desselben ist der Behälter a, der aus dem feinsten reinsten glasirten Steinzeug angefertigt ist und mit einem Deckel b aus polirtem Holz verschlossen werden kann. Er hält 10 bis 40 Pfd. Milch. Derselbe steht in einem äußeren Cylinder, der zwei Zoll weiter ist. Daran sind

zwei Handhaben *c* und zwei hervorspringende Schraubengewinde angebracht, in denen die eiserne Querstange *a'* mittelst Schrauben *d* und *e* befestigt werden kann. Diese Stange dient dazu, den Deckel zu halten. Im

Fig. 382.



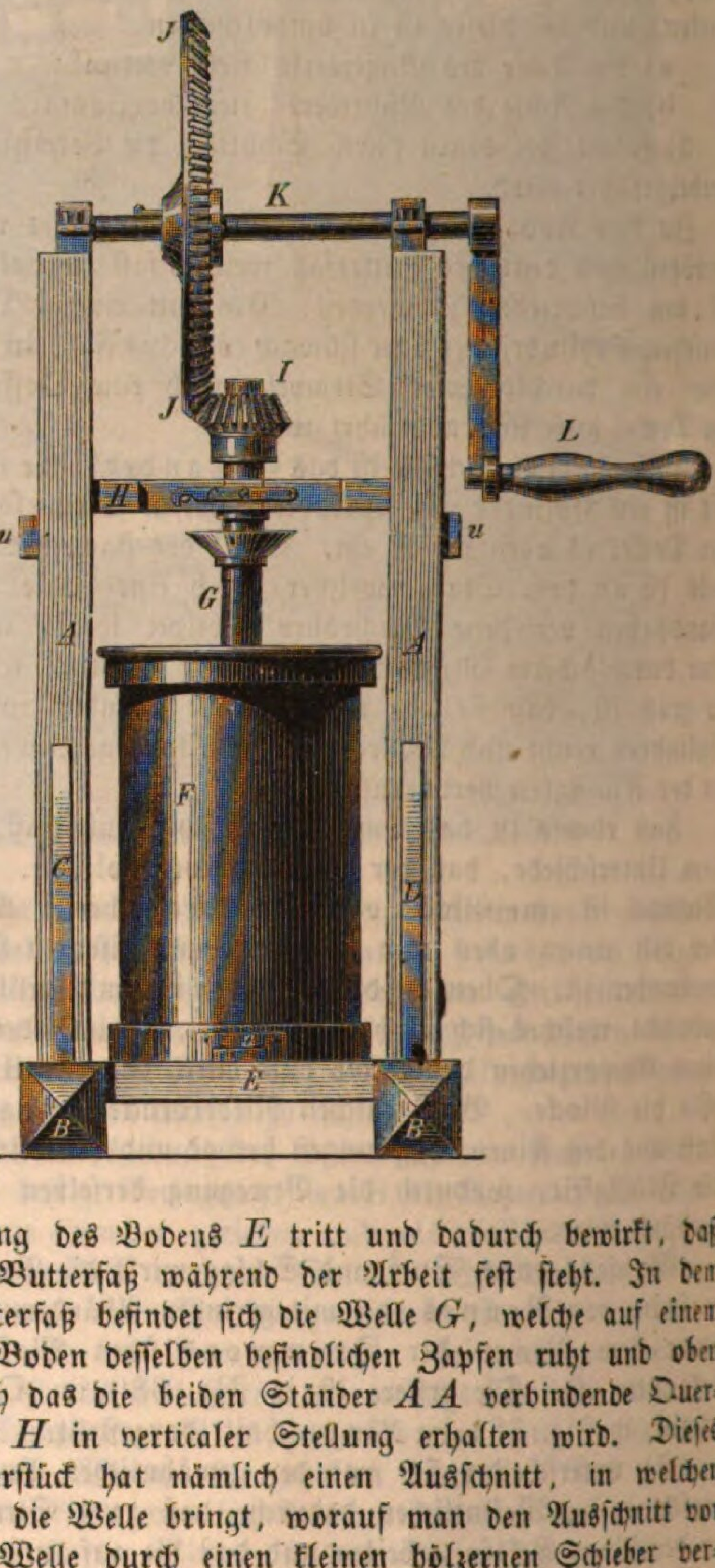
Innern des Cylinders *a* befindet sich der Agitator, der in Fig. 383 besonders gezeichnet ist. *aaa* sind drei durchlöcherte Fächer von verzinntem Blech, die Stange, an der sie befestigt sind, geht bei *b* durch eine messingene Stopfbüchse *F* im Deckel des Cylinders; auf *c* wird das Trieb *g* befestigt. Der Rührapparat wird durch die Kurbel *i*, welche die Welle, auf der sich das Triebrad *h* befindet, dreht, in Bewegung gesetzt, indem die Zähne von *h* in die von *g* fassen und dieses so in horizontale Umdrehung versetzen. Die Welle *h* ruht in dem Lager *ll*. Bei der Ausführung der Operation macht man abwechselnd eine Umdrehung von der Rechten zur Linken und eine von der Linken zur Rechten, wodurch die Milch auf eine rasche Weise ihrer Butter beraubt wird.

Fig. 383.



Durch große Leistungsfähigkeit zeichnet sich die Maschine von Stjernsvärd aus. Sie hat eine stehende Flügelwelle und ist so eingerichtet, daß sie während der Bewegung einen ununterbrochenen Luftstrom durch die Milch treibt. Sie ist in Fig. 384 in äußerer Ansicht, in Fig. 385 bis 388 in den Details dargestellt. *AA* zwei hölzerne Ständer, welche auf den Schwellen *BB* befestigt und mit den Stützen *CC* und *DD* verbunden sind. Bei der Benutzung der Maschine werden, um die Ständer *AA* in verticaler Stellung zu erhalten, noch zwei andere Stützen angebracht; man stemmt nämlich unter jeden der an diesen Ständern befestigten Klötze *uu* das obere Ende einer Stange, der man eine geneigte Lage giebt, so daß sie sich mit ihrem unteren Ende auf den Fußboden stützt. Zwischen den Ständern *AA* befindet sich der hölzerne Boden *E*, auf welchem das Butterfaß *F* steht. Dieses ist cylindrisch von verzinntem Eisenblech, unten durch einen eisernen Reifen verstärkt und mit einem Vorsprung *a* versehen, welcher in eine entsprechende, mit Eisen bekleidete Ver-

Fig. 384.



tiefung des Bodens *E* tritt und dadurch bewirkt, daß das Butterfaß während der Arbeit fest steht. In dem Butterfaß befindet sich die Welle *G*, welche auf einem am Boden desselben befindlichen Zapfen ruht und oben durch das die beiden Ständer *AA* verbindende Querstück *H* in verticaler Stellung erhalten wird. Dieses Querstück hat nämlich einen Ausschnitt, in welchen man die Welle bringt, worauf man den Ausschnitt vor der Welle durch einen kleinen hölzernen Schieber verschließt, den man durch einen mit einem Haken *c* versehenen eisernen Bügel, durch welchen eine Druckschraube *v* geht, in seiner Lage erhält. Oben auf der Welle *G* sitzt das Winkelgetriebe *I*, in welches das auf der Achse *K* sitzende Rad *J* eingreift, um die mittelst der Kurbel *L* bewirkte Drehung der Welle *G* mitzutheilen.

Fig. 385 zeigt das Butterfaß *F* im Verticaldurchschnitt nach Wegnahme des Deckels, Fig. 386 im Grundriß. *bbb* sind drei mit Löchern versehene Flügel von Weißblech, die innen an der Wand des Butterfasses in radialer Richtung fest gelöthet sind. *d* ist der Zapfen, auf welchem die Welle *G* ruht.

Durch Fig. 387 und 388 wird die Welle *G* im Aufriß und im Durchschnitt dargestellt. Dieselbe ist hohl, von Schmiedeeisen, und mit zwei einander gegenüberste-

henden, an der Welle angelötheten, durchlöcherten Flügeln *jj* versehen, die mit einem conischen Hut *h* bedeckt sind. Am unteren Ende der Flügel befindet sich ebenfalls ein conischer Hut, welcher eine Art Turbine *t* be-

Fig. 385.

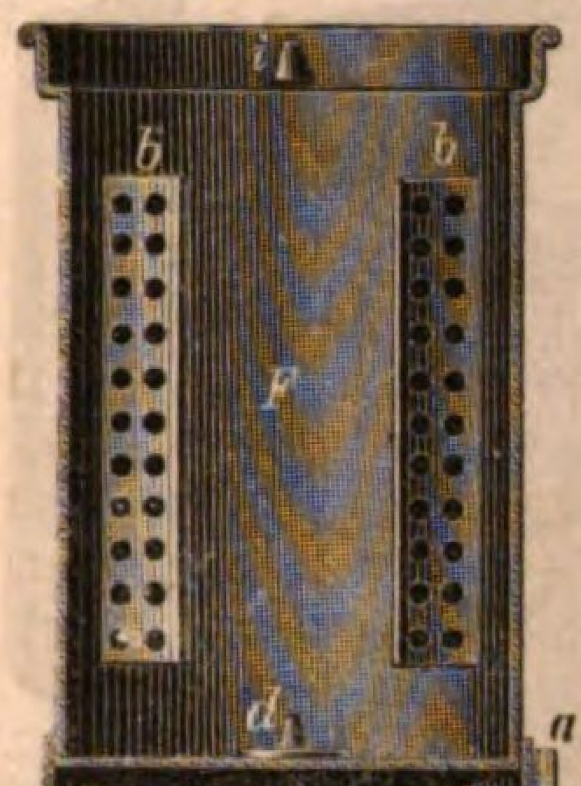


Fig. 386.



Fig. 387.

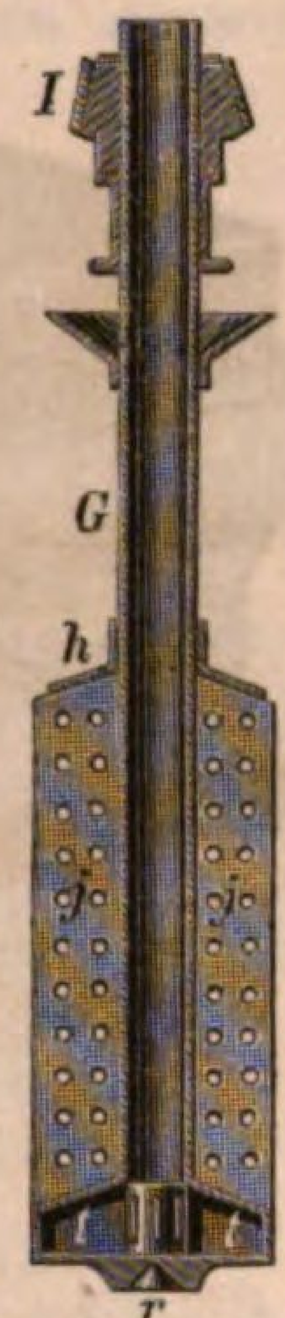


Fig. 388.



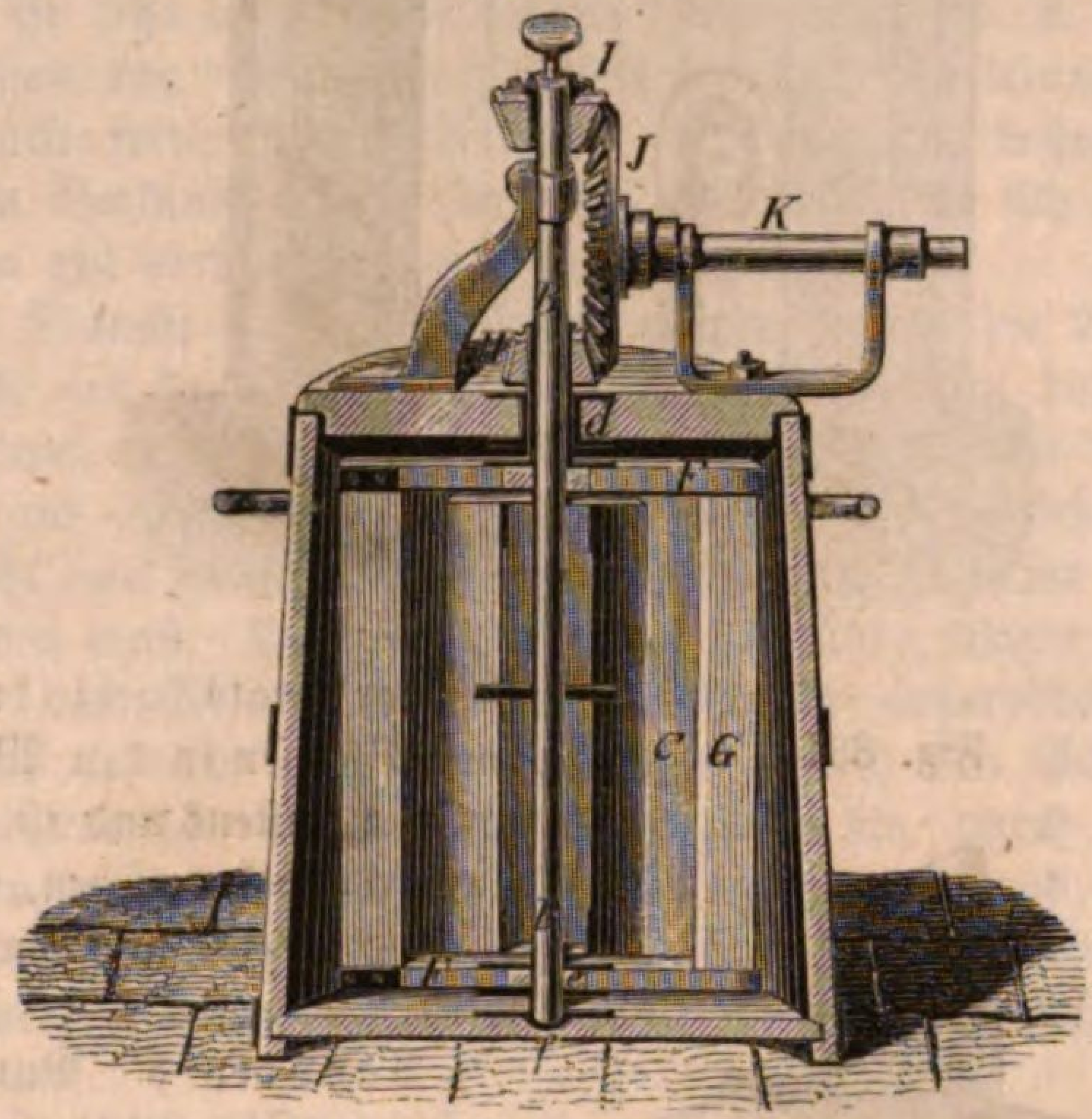
deckt, deren Schaufeln von Weißblech normal zur Welle *G* angeordnet sind.

Das Innere des Butterfasses, sowie die Oberfläche aller direct zu demselben gehörenden Theile ist sorgfältig verzinnt.

Das Eigenthümliche dieses Butterfasses besteht in der Anbringung des Zellenrades *t* in Verbindung mit der hohlen Welle *G*. Wenn diese Welle mit hinreichender Geschwindigkeit umgedreht wird, tritt in Folge der Centrifugalkraft ein kräftiges Ansaugen der Luft ein, so daß dieselbe von oben in die hohle Welle eindringt, durch dieselbe nach abwärts geht, in das Zellenrad gelangt und von da aus in die Flüssigkeit getrieben wird. Wenn man das Butterfaß (welches für süße Milch sich am besten eignet) anwenden will, füllt man es höchstens zur Hälfte mit Milch oder Rahm und setzt dann die Kurbel in Bewegung, indem man sie in der Minute etwa 75 Umgänge machen läßt. Man läßt die Bewegung mit dieser Geschwindigkeit wenigstens 3 Minuten lang dauern, worauf sie etwas langsamer bis zum Ende des Butterns fortgesetzt wird. Nach den Versuchen des Erfinders ist die geeignetste Temperatur für Milch 18° C., für süßen Rahm 17° C. und für gesäuerten Rahm 16° C. Wenn die passende Temperatur vorhanden ist, dauert das Buttern 4 bis höchstens 15 Minuten. Der Berichterstatter fügt hinzu, daß das Buttern mit dem Stjernsvärd'schen Butterfaß leichter und schneller von Statten gehe, wie mit irgend einem anderen ihm bekannten Apparat. Auch lasse die Construction dieses Butterfasses bezüglich der Einfachheit und Dauerhaftigkeit nichts zu wünschen übrig, gleichwie es auch leicht und schnell zu reinigen sei. In Eldena mit dem neuen Butterfasse angestellte Versuche gaben ein günstiges Resultat und die Maschine erwies sich als praktisch.

Die Buttermaschinen mit stehender Welle haben den Nachtheil, daß die Flüssigkeit, sobald die Umdrehung der Flügel eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat, durch Centrifugalkraft einfach im Kreise herumgetrieben wird, ohne mehr stark gemischt zu werden. Natürlich macht hiervon Stjernvärd's Turbinmaschine eine Ausnahme, indem die einströmende Luft stets ein Aufwallen hervorruft. Sehr kräftig wird dagegen die Mischung durch die in Fig. 389 dargestellte Maschine von Brochardt

Fig. 389.



erreicht. Der Bewegungsmechanismus stimmt insofern mit dem der Fig. 384 überein, als die Welle *B*, die durch das Räderpaar *I* und *J* mittelst der Kurbelstange *K* getrieben wird, eine Anzahl radial stehender Flügel trägt. Auf die Welle *B* ist aber noch ein Rohrstutzen *d* aufgezogen, an dem oben das Kegelrad *H* befestigt ist, welches ebenfalls in *J* eingreift; unten ist dieser Rohrstutzen mit radial von demselben ausgehenden Stäben *F* versehen, welche Speichen eines Rades sind. Ein eben solches Rad liegt unten und beide sind durch die radial auf die Welle *B* gerichteten Flügel *G* mit einander verbunden. Im Mittelpunkte des unteren Rades ist eine kurze Welle *e* angebracht, die in der Büchse *f* am Boden des Fasses ruht und sich in derselben dreht. Es sind in dieser Maschine daher zwei Flügelsysteme, von denen das innere *C* sich in dem äußeren *G* dreht, und zwar machen beide ihre Umdrehungen in entgegengesetztem Sinne, weil die auf zwei verschiedene Kegelräder wirkende Bewegung von einem und demselben Kegelrade ausgeht.

Von den Apparaten mit horizontal liegendem Rührwerk ist die Kastenkarre Fig. 390 am bekanntesten.

Ihre inneren Dimensionen sind bis 18 Zoll lang, 11 Zoll breit und 20 Zoll tief. Sie wird gewöhnlich aus Buchenholz angefertigt. Alle Verbindungen müssen sehr sorgfältig eingefügt sein, um völlig wasserdicht zu sein. Es kommt nicht darauf an, ob der Boden flach oder gekrümmt sei, die gebogene Form bietet indessen beim Reinigen Vortheile dar. Der Kasten wird durch einen mit Handhaben versehenen Deckel aus demselben Holze verschlossen. Der Rührapparat Fig. 391 besteht aus vier Flügeln, die um eine gemeinschaftliche, wagrecht liegende Achse vertheilt sind. Die Größe desselben ist unwesentlich, sobald er nur

Kraft und Oberfläche genug darbietet, um die Flüssigkeit in heftige Bewegung zu versetzen. Die Welle des

Fig. 390.

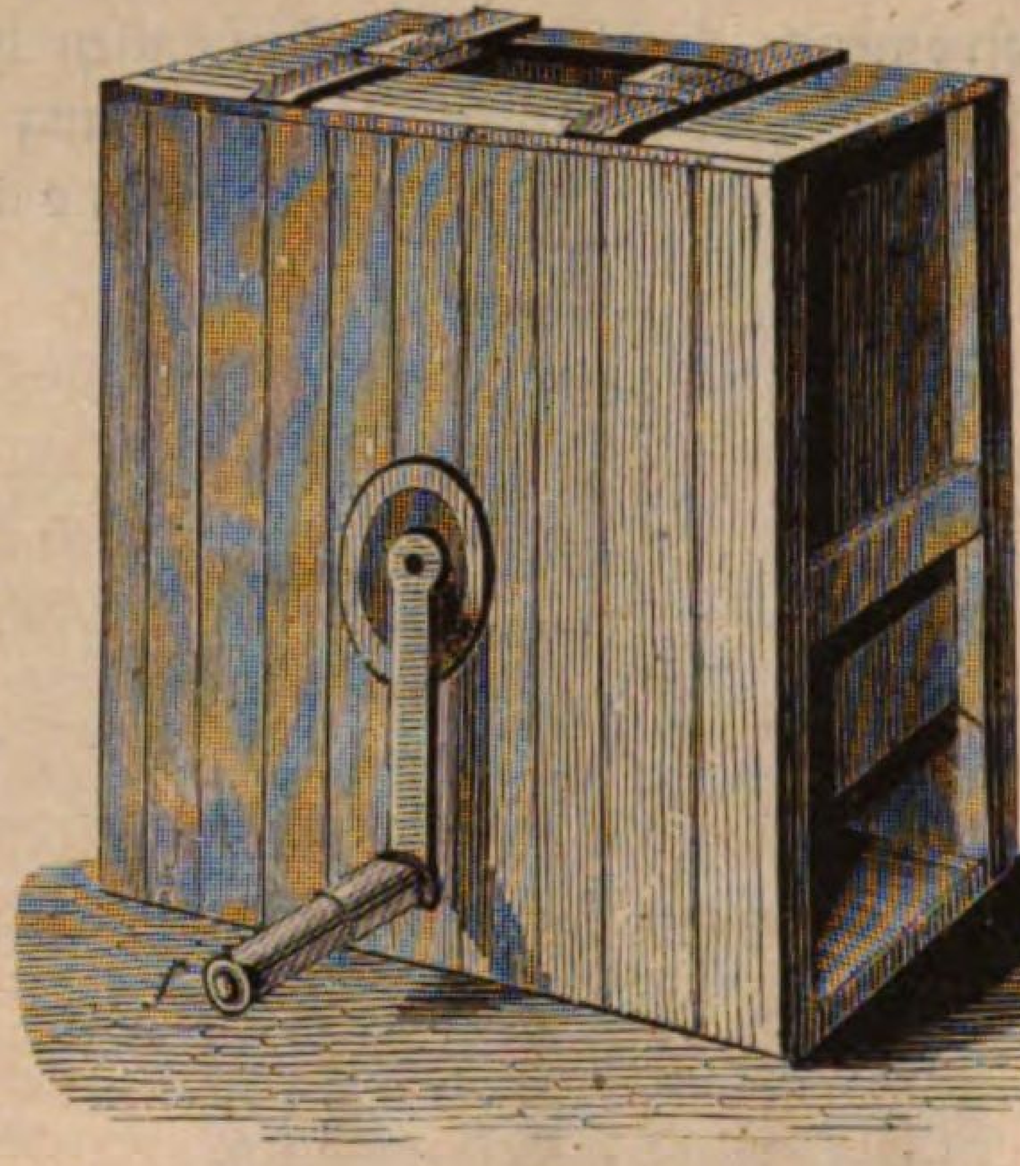
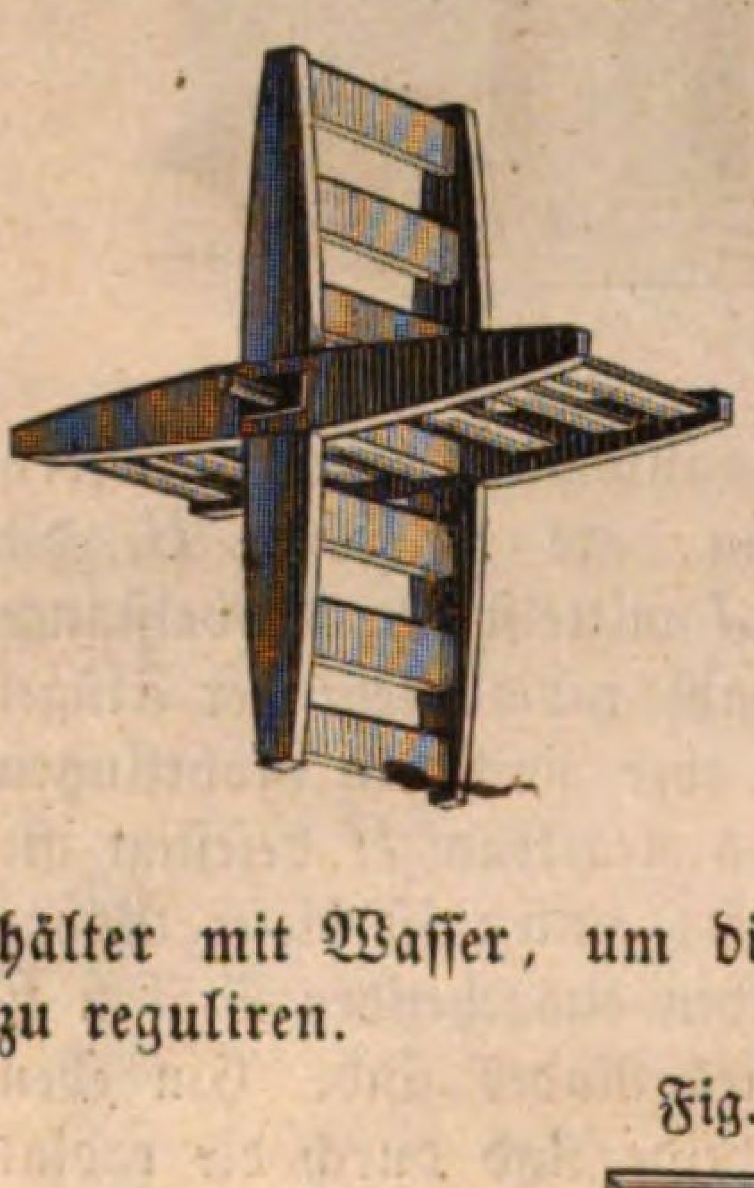


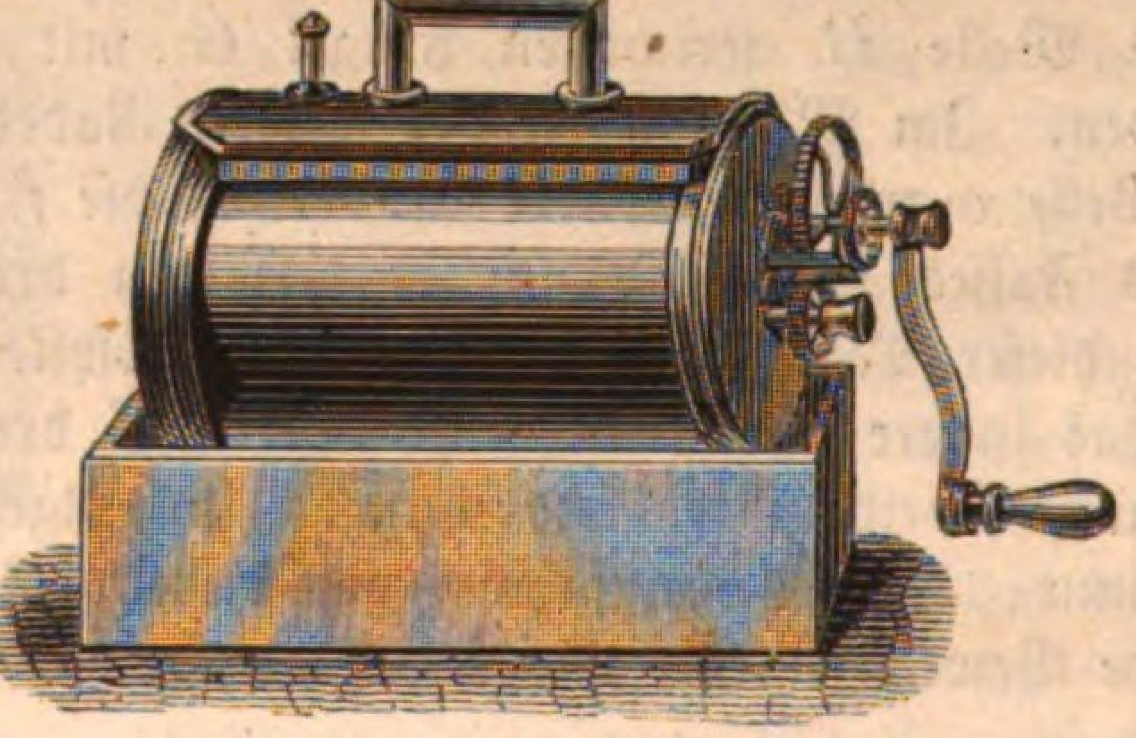
Fig. 391.



Rührapparats geht durch zwei Büchsen in den Wänden des Kastens und ist mit einer Kurbel versehen, wodurch die Bewegung bewirkt wird.

Lavoisy's Buttermaschine (Fig. 392) ist ein liegender Cylinder, in dem eine Welle mit vier Flügeln umläuft, sie wird durch eine Kurbel und Trieb in Bewegung gesetzt. Der Cylinder liegt in einem Behälter mit Wasser, um die Temperatur der Flüssigkeit zu reguliren.

Fig. 392.



Dem Apparate von Lavoisy ähnlich ist der von Girard, von dem Fig. 393 eine äußere Ansicht, Fig. 394 einen Längendurchschnitt, Fig. 395 einen Querdurchschnitt darstellt. A ist ein Wasserbad, in welchem der Halbcylinder B ruht; dieser wird durch einen bei D sich drehenden kastenförmigen Deckel K verschlossen. Durch zwei Stopfbüchsen geht die mit zwei Flügeln CC besetzte Welle, die durch die Zahnräder EF in Umdrehung versetzt wird. Dieser Apparat soll sich vor dem von Stjernsvärd und Lavoisy dadurch auszeichnen, daß derselbe aus Milch in 3 Minuten alle Butter abscheidet, während jene zur Bearbeitung von Rahm respective 5 und 10 Minuten gebrauchen.

Es sind noch verschiedene andere ähnliche Apparate construirt worden, die aber zu wenig Eigenthümliches

Fig. 393.

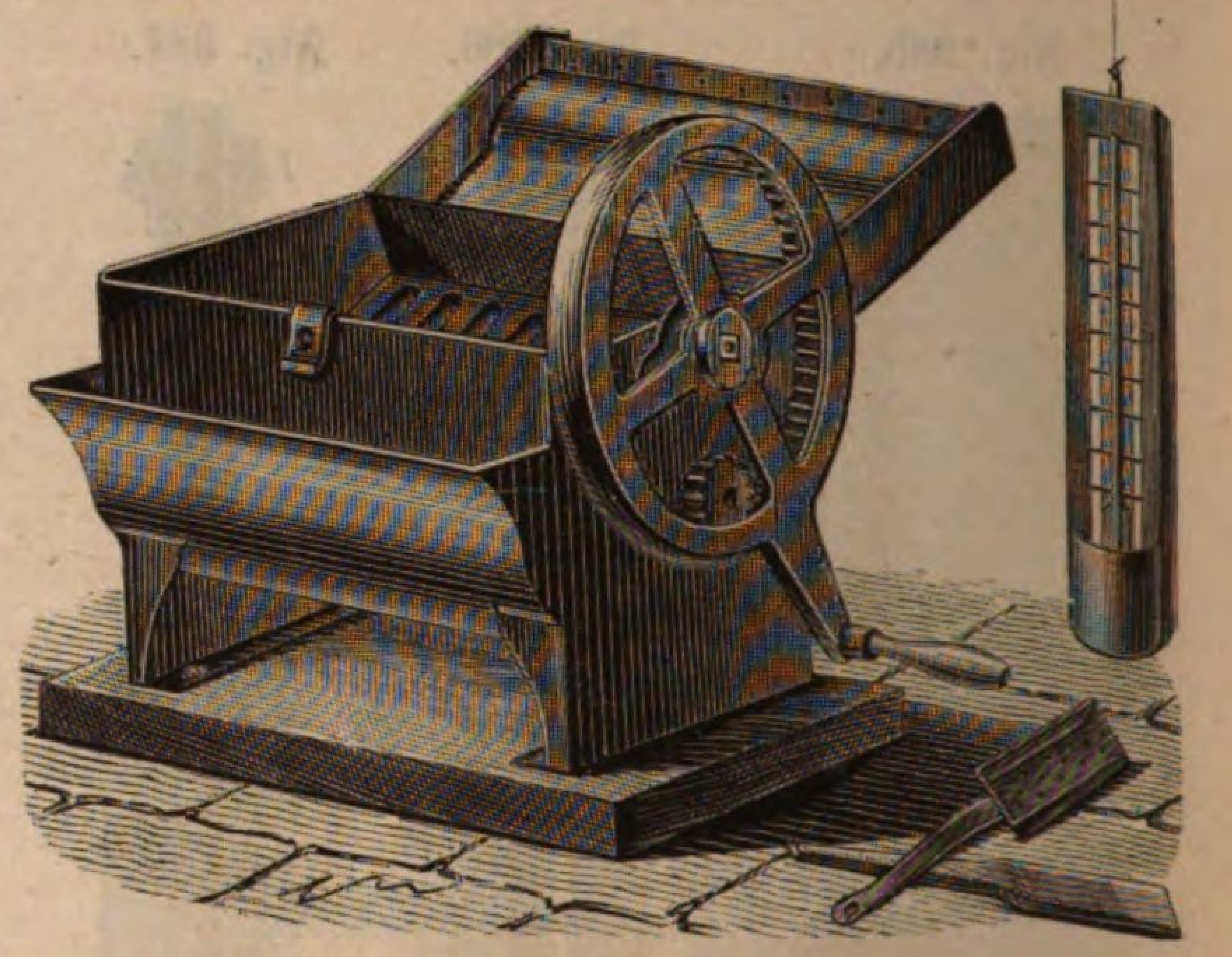


Fig. 394.

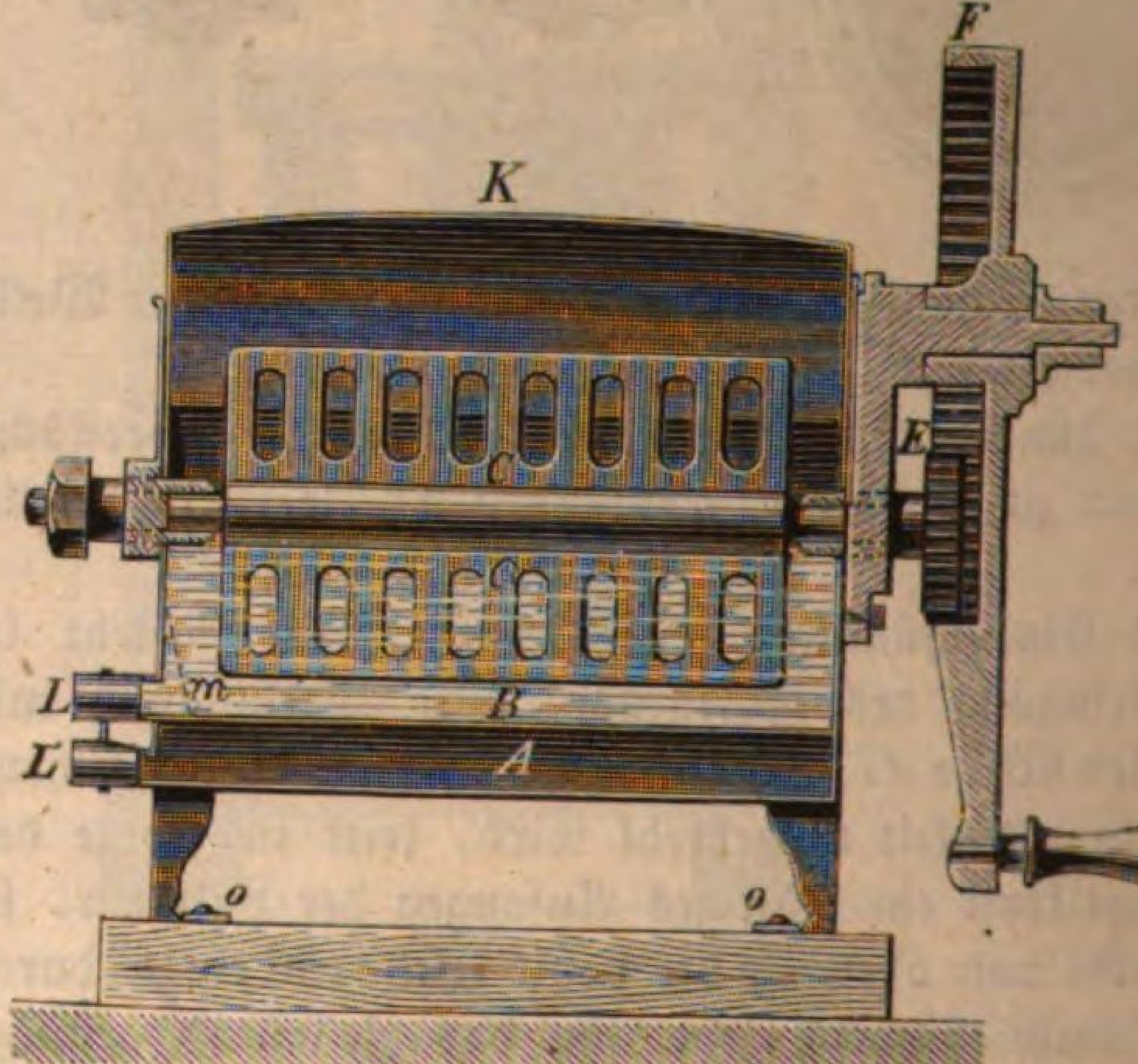
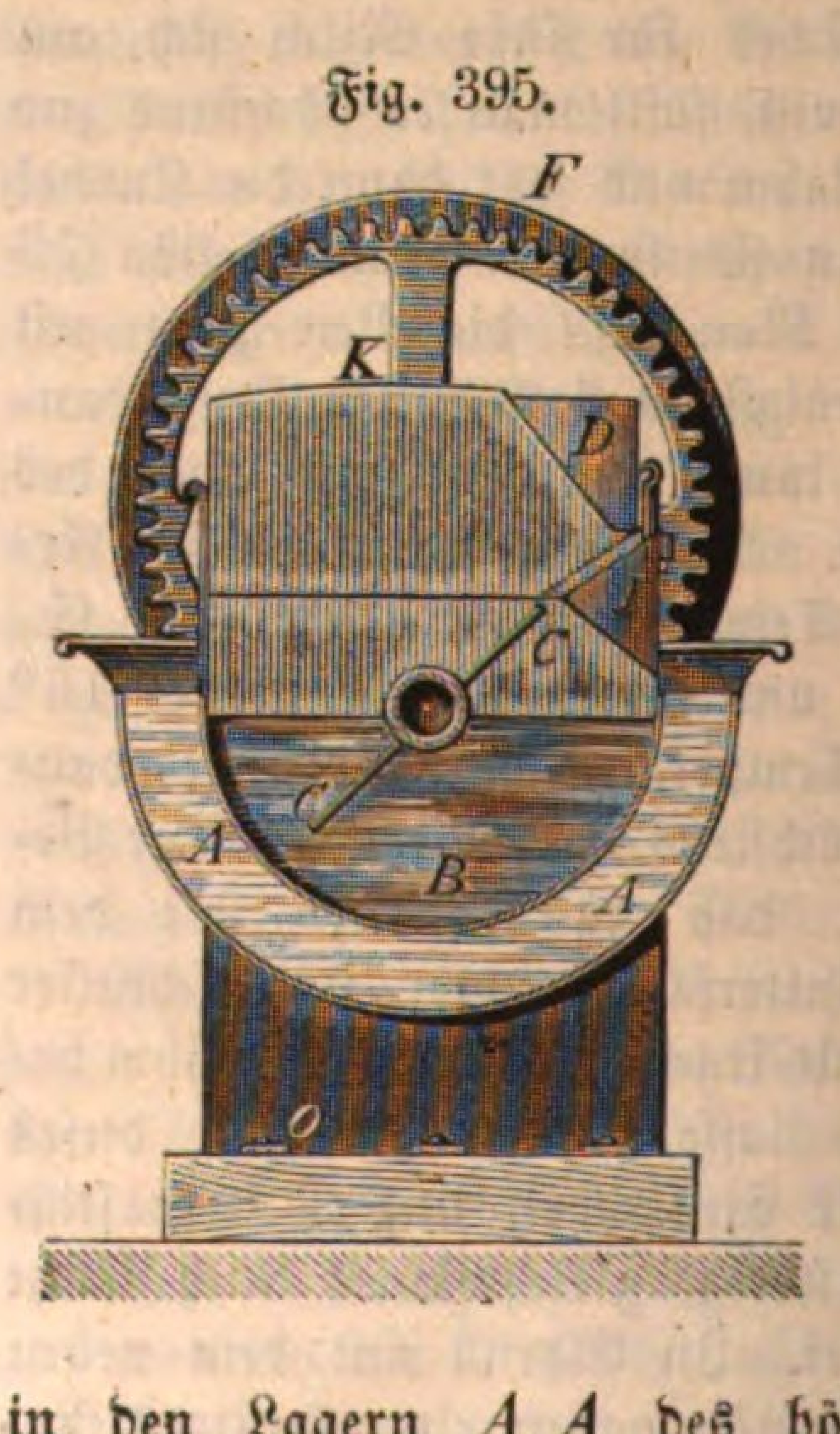


Fig. 395.

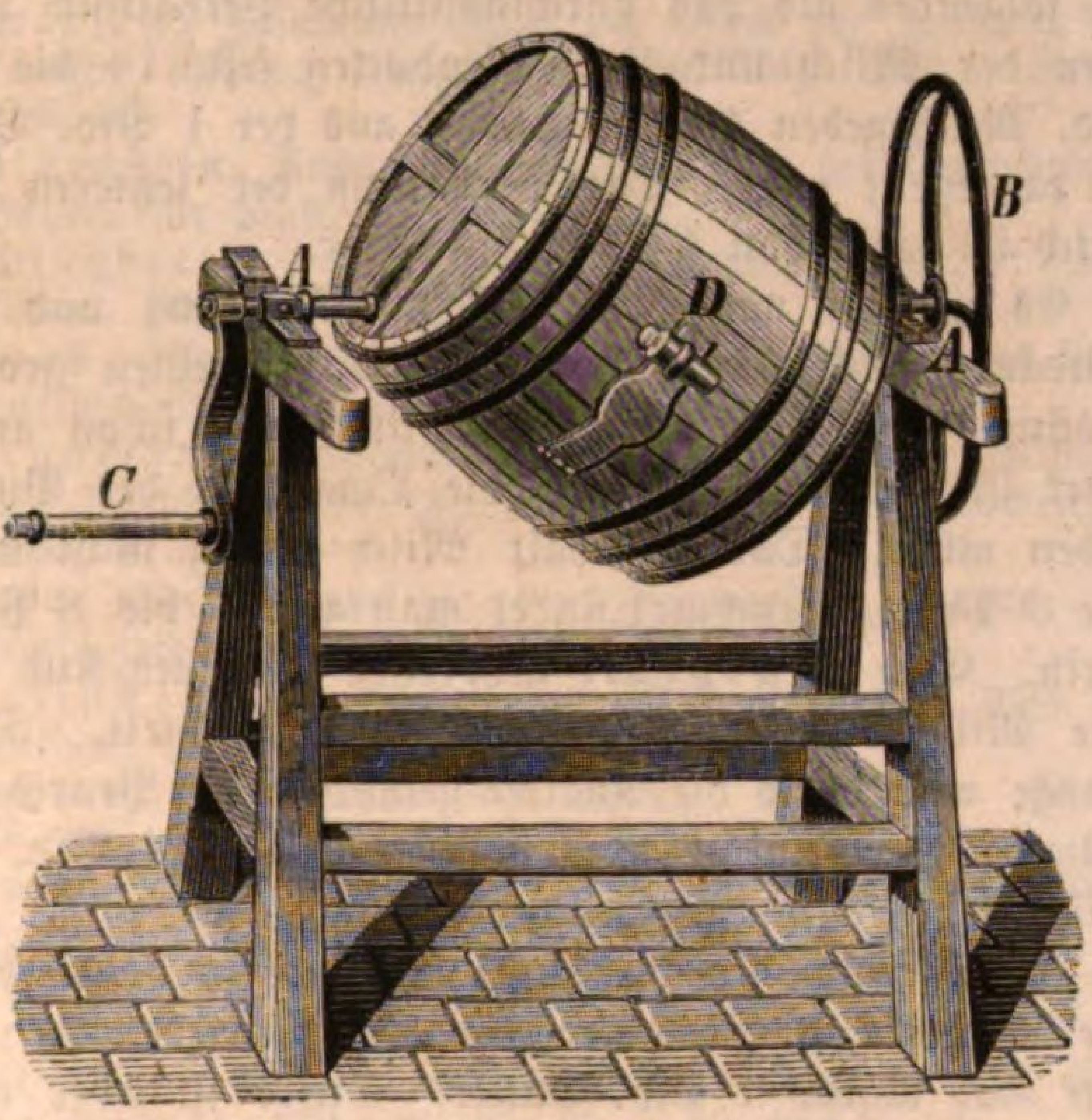


bieten, um besonders erwähnt zu werden.

Endlich zu der letzten Gattung der Buttermaschinen gehört unter anderen die in Fig. 396 dargestellte Diagonalkarre von Findall. Die früheren rotirenden Apparate waren so eingerichtet, daß die Welle in der horizontalen Achse des Behälters lag, in diesem schneidet die Drehungsachse aber die normale in einem Winkel. Der Apparat besteht in einem Fasse, welches durch kurze Zapfen, die in den Lagern $A\ A$ des hölzernen Gestelles ruhen, getragen wird. An dem einen Zapfen ist das kleine Schwungrad B, an dem anderen die Kurbel C ange-

bracht. Das Spundloch oder die Oeffnung zum Füllen und Entleeren ist durch D bezeichnet. In diesem Apparate erhält die Flüssigkeit eine doppelte oder differentiale Bewegung. Bei jeder Umdrehung des Fasses strebt die Sahne mittelst ihrer Schwere stets den niedrigsten Punkt zu erreichen und strömt daher von einem Ende

Fig. 396.



zum anderen, da beide Extremitäten während jeder Umdrehung ganz in die Höhe und wieder abwärts bewegt werden. Da dieses mit der einfachen Rotation verbunden ist, so wird die Sahne nothwendiger Weise in jeder Richtung umher geschleudert, wodurch man ein sehr günstiges Resultat erhält. Die Arbeit mit diesem Apparate ist sehr leicht, namentlich da die Gleichmäßigkeit der Umdrehung sehr durch das Schwungrad befördert wird und die zum Buttern erforderliche Zeit gering ist — zwei Vortheile, die nicht genug zu berücksichtigen sind. Beim Gebrauche füllt man das Faß ungefähr dreiviertel mit Sahne, die vorher entweder durch Abkühlen oder Erwärmen auf 15° gebracht ist, an. Die Bewegung braucht nicht sehr rasch zu sein.

So groß die Zeitersparniß und mithin auch so viel weniger Kraftaufwand bei manchen dieser Apparate angeblich oder in Wirklichkeit ist, so ist auf der anderen Seite doch nicht zu verkennen, daß die Butter nie so fest und geschmeidig ist, wenn ihre Abscheidung übertrieben rasch bewerkstelligt wird, als wenn längere Zeit darauf verwandt wird; sie bleibt, wenn zu rasch gebuttert wird, immer mehr oder weniger schaumig und enthält viel Wasser eingeschlossen, welches ihr durch nachheriges Kneten nicht vollständig zu entziehen ist.

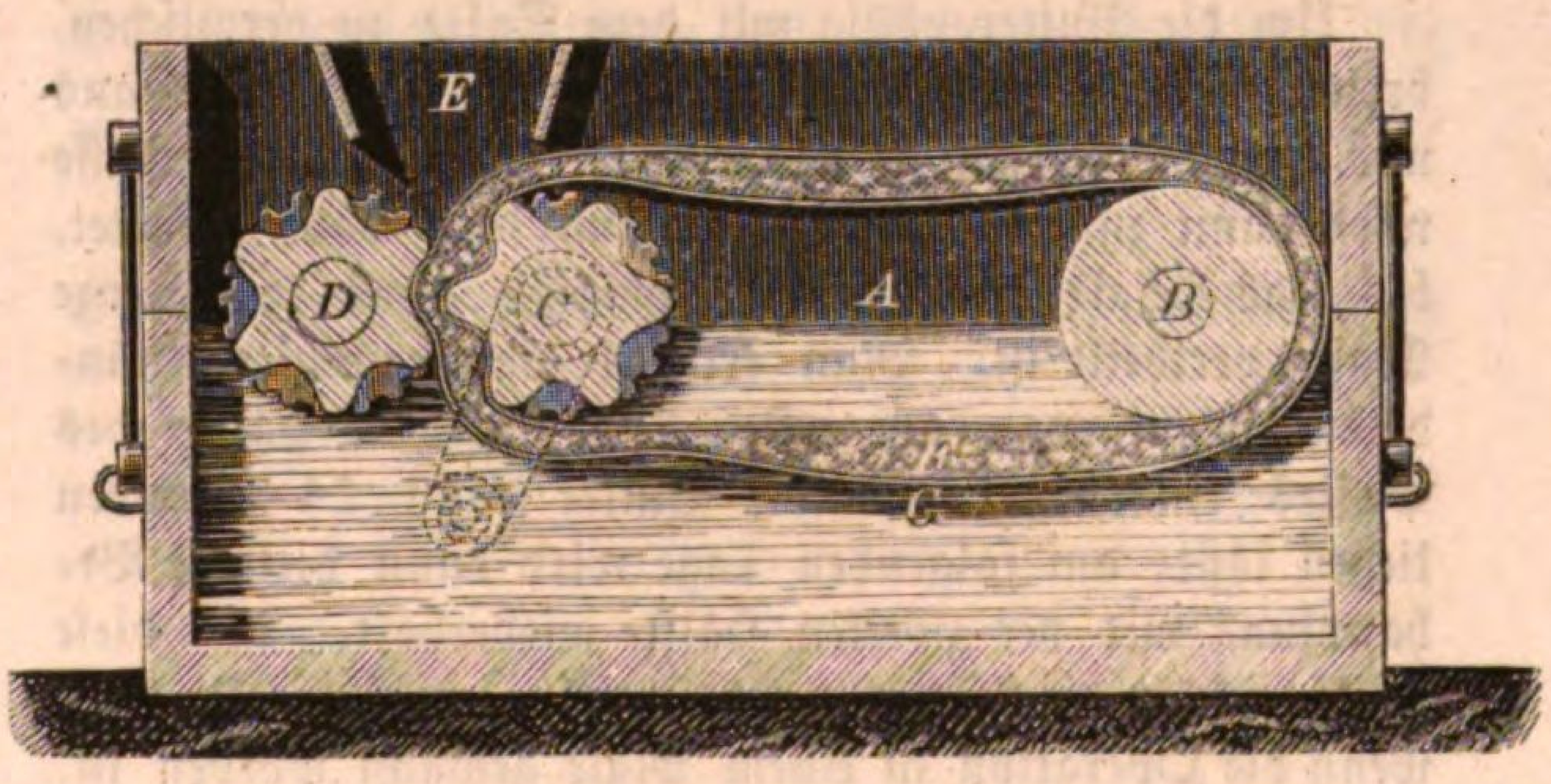
Weitere Verarbeitung der Butter. Sobald die Abscheidung vollendet ist, nimmt man die Butter aus dem Karren und bringt sie in einen hölzernen mit Wasser gefüllten Bottich. Nachdem sie hierin gründlich abgespült ist, wird sie in einen kleinen, hölzernen, schiefstehenden Trog gebracht und darin mit kaltem Wasser gewaschen, indem man sie mehrere Male auf dem Boden ausknetet und wieder zusammenrollt. Dann nimmt man sie heraus und schlägt die Klumpen mit der hohlen Hand, um den Rest der Buttermilch herauszubringen. Wenn irgend etwas von dieser darin bliebe, so würde die Qualität der besten Butter dadurch zerstört werden, da der Milchzucker und das Casein in Gährung und Fäulniß übergehen würden. Die Butter wird so lange in reinem Wasser gewaschen und dieses durch frisches ersetzt, bis es ganz klar bleibt und keine Spur einer Trübung mehr annimmt.

Wenn die Butter frisch consumirt werden soll, so ist sie jetzt bis auf die äußere Zubereitung, d. h. Auswägen der bestimmten Quantitäten und Verzierung der Stücke fertig. Man verwahrt sie dann am besten bis zum Verkauf in einer starken Salzlösung, die sich in einem gut verschließbaren Topfe befindet.

Manche gar zu vorsichtige Leute wollen die Butter nicht mit der Hand machen lassen, sondern dazu hölzerne Spatel anwenden. Man kann damit aber nie die Arbeit so gut ausführen wie mit der Hand. Es versteht sich wohl von selbst, daß die größte Reinlichkeit dabei stattfinden muß. Von Natur schweißige Hände taugen nicht für das Milchgeschäft, da die Butter außerordentlich leicht verdirbt und da ihr Aroma durch den Schweiß beeinträchtigt wird. Kalte Hände, die durch Waschen in heißem Wasser und Kleie gereinigt und dann mit kaltem Wasser abgespült sind, sind weit mehr geeignet, die Butter zu reinigen, wie der bestgeformte Spatel.

In Amerika hat man einen Apparat construirt, der allerdings Vortheile vor der Verarbeitung der Butter mit der Hand zu haben scheint, indem man darin mit großen Massen operiren kann, und da der mechanische Druck stärker ist als der der Hand. Die Amerikaner nennen ihn Butter-worker. Fig. 397 stellt einen Längendurchschnitt desselben dar. Die zu reinigende Butter

Fig. 397.



wird in einen endlosen, leinenen Sack oder Schlauch G gebracht, der über zwei Walzen ausgespannt ist. Die Bearbeitung der Butter geschieht, indem sie zwischen zwei gereiften Walzen hindurch geht, während der ganze Mechanismus sich innerhalb der Wasserkammer A befindet. Die Kammer besteht aus zwei Theilen, von denen der obere beweglich ist. In den Seitenwänden der Kammer sind Lager angebracht, in denen die Walzen BCD ruhen: die erstere ist eine einfache Leitrolle, während die beiden letzteren der Länge nach gerillt sind, wie aus der Zeichnung hervorgeht. Die Butter erhält jedesmal, wenn sie in dem Schlauche zwischen den in einan-

der greifenden Zähnen der Walzen hindurchgeht, eine kräftige Pressung, wodurch alles Flüssige herausgespült wird. Soll die Butter gesalzen werden, so läßt man das Wasser abfließen und streut das Salz durch den Trichter *E* auf das Walzenpaar, wodurch es der Butter incorporirt wird.

Die Butter wird in und aus dem Schlauch durch zwei Oeffnungen gebracht, die durch überhängende Stücke Zeug geschlossen werden und so die Butter verhindern, freiwillig herauszukommen.

Die Bewegung wird durch eine Kurbel bewirkt, die auf der Welle der Walze *C* angebracht ist, der andere Cylinder wird durch ein Zahnrad und eingreifendes Trieb in Rotation gebracht.

Salzen. Theils um den Geschmack zu erhöhen, theils um die Butter haltbarer zu machen, fügt man ihr eine gewisse Menge Salz hinzu, was unmittelbar nach dem Waschen geschieht. Die Menge des Salzes variirt sehr nach dem Geschmack der Consumenten. Wenn die Butter frisch genossen werden soll, so nimmt man gewöhnlich 2 Proc. Salz vom Gewicht der Butter; die für längere Aufbewahrung bestimmte Butter wird aber wenigstens doppelt so stark gesalzen. Die Menge des anzuwendenden Salzes ist übrigens stets verschieden, da man sich dabei namentlich nach dem Geschmack seiner Kunden zu richten hat. In manchen Gegenden, wo schlechtes Salz erzeugt wird, thut man wohl, dieses vor dem Gebrauche zu reinigen, indem man es fein zerreibt, dann mit wenig kaltem Wasser übergießt, es damit abwäscht und schließlich die Flüssigkeit abtropfen läßt, indem man es in einem Tuch aufhängt. Durch diese Behandlung entfernt man alle bitterschmeckenden Salze, die manchmal in dem Kochsalze enthalten sind. Die abtropfende Flüssigkeit kann zum Viehfutter gegeben werden.

Um die Butter völlig mit dem Salze zu vermischen, breitet man sie nach dem Waschen in dem Troge aus und streut das fein geriebene Salz darüber; die Masse wird dann zusammengerollt und mit der Hand geknetet, bis das Salz möglichst gleichmäßig durch die ganze Masse vertheilt ist. Man erreicht dieses noch vollständiger, wenn man am ersten Tage nur die Hälfte des Salzes einarbeitet und die Butter dann 24 Stunden liegen läßt; am folgenden Tage wird dann dieselbe Behandlung mit der zweiten Hälfte wiederholt. Auf diese Weise erhält die Butter ein weit schöneres Aussehen, als wenn die Operation in einem Male gemacht worden ist.

Das Verpacken der Butter geschieht entweder in steinernen Töpfen oder in hölzernen Kübeln; die ersteren brauchen nur gründlich gereinigt zu werden, ehe man sie verwendet, die letzteren müssen, wenn sie neu sind, erst längere Zeit mit Wasser in Berührung gelassen werden, damit alle riechenden und geschmackhabenden Stoffe aus dem Holze ausgezogen werden; sie werden dann gut ausgescheuert, mit kochendem Wasser geschwenkt und sind dann zum Gebrauche fertig.

Man bringt zuerst eine dünne Schicht Salz auf den Boden des Kübels und stampft dann die Butter so fest wie irgend möglich ein, indem man zuerst eine circa 3 Zoll dicke Lage einbringt und genau an den Wänden und am Boden vertheilt. Wenn diese ganz gleichmäßig eingelegt ist, bringt man eine zweite Lage auf u. s. f., bis der Behälter voll ist. Es ist dabei von großer Wichtigkeit, daß die ganze Masse zuletzt nur ein Stück bildet, welches keine mit Luft gefüllten Zwischenräume enthält, da sonst ein Verderben nicht zu vermeiden ist.

Ausbeute an Butter, welche aus der Milch zu erhalten ist. Als Resultat vieler Versuche, welche mit der Milch von guten Kühen angestellt wurden, stellt sich folgendes als das durchschnittliche Verhältniß zwischen der Milch und ihren Producten fest: 18 bis 21 Pfd. Milch geben 4 Pfd. Sahne, aus der 1 Pfd. Butter dargestellt wird. Das Verhältniß der letzteren zur Milch ist daher von 4,8 bis 5,5 Proc.

Es ist sehr natürlich, daß die Nahrung und die Zeitdauer nach der Geburt des Kalbes einen großen Einfluß, nicht bloß auf die Qualität, wie schon angeführt ist, sondern auch auf die Quantität der Butter haben müsse. Daher enthält Milch häufig nicht mehr wie 3 Proc., manchmal findet man aber 7 bis 8 Proc. darin. Eine Muspratt gehörende Alderney-Kuh gab eine Milch, die 6,788 Proc. Butter enthielt. Diese Menge war durch die Analyse gefunden, die Praxis bestätigte das Resultat aber völlig, denn 144 Pfd. der Milch gaben 10,5 Pfd. Butter.

In England, wo die Viehzucht einen so hohen Grad wie nirgends anderswo erreicht hat, liefert eine sehr gute Kuh täglich 1 Pfd. Butter. Dieses ist aber nicht gleichmäßig, der Ertrag ist manchmal höher, manchmal niedriger. Es giebt sogar Kühe, die während einer kurzen Zeit 2 Pfd. Butter täglich geben, diese sind aber natürlich Ausnahmen. Herr Harold Littledale von Liscard Farm, Cheshire, soll eine Kuh gehabt haben, die während einiger Zeit in den Sommermonaten wöchentlich 18 Pfd. Butter und täglich 65 Pfd. Milch gegeben habe. Wenn man den Buttergehalt der Milch zu 4 Proc. annimmt, so erhält man nahezu obige Zahlen.

In den meisten Gegenden ist die Ausbeute weit geringer. In Devonshire giebt eine Kuh in den ersten 20 Wochen nach dem Kalben täglich 30 Pfd. Milch, aus der man 1 1/4 Pfd. Butter erhält. Die ganze Quantität beträgt daher 176 Pfd.

In Holland liefert eine gute Kuh während der Sommermonate ungefähr 76 Pfd. Butter. In Holstein betrachtet man 100 Pfd. als einen guten Jahresertrag; die durchschnittliche Ausbeute in England ist 160 bis 180 Pfd.

Nach den sehr umfangreichen Versuchen von v. Hinnüber über den Einfluß des Materials der Milchgefäße auf die Ausbeute an Butter geben 100 preuß. Quart Milch:

In verzinnten Blechsatten	8,32	Pfd. Butter.
in hölzernen Satten mit rother Oelfarbe gestrichen	7,85	„ „
in hölzernen Satten mit blauer Oelfarbe gestrichen	8,59	„ „
in hölzernen Satten ohne Anstrich	8,19	„ „
in irdenen Satten	8,14	„ „
in gläsernen Satten	8,24	„ „

Bei diesen Versuchen war die Höhe der Milchschicht in allen Gefäßen gleich.

Versuche von Moser und Babo ergaben überein-

stimmend die Ausbeute an Butter bei Anwendung der Gußander'schen Milchgefäße wesentlich höher als bei anderen Arten von Satten.

Nachweis
der neueren Litteratur.

Milch:

Girardin, Zusammensetzung der Milch von gesunden und kranken Kühen: Compt. rend. 36, 753; Polyt. Journ. 129, 69.
Wildenstein, Anorganische Bestandtheile der Frauenmilch: Journ. für prakt. Chemie 58, 28.
Schloßberger, Die Reaction normaler Milch: Ann. Chem. Pharm. 87, 317.
Fraas, Milchreaction und Colostrum: Zeitschrift des landwirthschaftl. Vereins in Bayern 1854, 453.
Struckmann, Verschiedenheiten zwischen Morgen-, Mittags- und Abendmilch bei Kuhmilch: Journ. für Landwirthsch. 1855, 415.
Wicke, Verschiedenheiten bei Ziegenmilch: Journ. für Landwirthsch. 1856, 121.
Crusius, Veränderungen der Milch kurze Zeit nach dem Kalben: Journ. für prakt. Chemie 68, 1.
Scheven, Schweinemilch: Journ. für prakt. Chemie 68, 224.
Hoppe, Bestandtheile und Veränderungen der Milch: Kopp und Will's Jahresber. 1859, 627.
Boussingault, Zusammensetzung der Milch bei verschiedener Fütterung: Mémoires de Chimie agricole, 63.
Hellriegel, Gehalt der Milch zu Anfang und zu Ende des Melkens: Lüdersdorff's Ann. 33, 356.
Marchant, Zusammensetzung der Kuhmilch verschiedener Racen: Compt. rend 48, 112.
Filhol und Joly, Zusammensetzung der Schafmilch verschiedener Racen: Compt. rend. 47, 1013.
Stefanelli, Esels-, und Schafmilch: Kopp und Will's Jahresber. 1860, 588.
Rueff, Milch: in Schnee's Encyklopädie der Landwirthschaft 2, 170.

Milchprüfung.

Rosenthal, Zeitschrift für Naturwissenschaft: 4, 391; Polyt. Journ. 134, 424.
Daubrawa, Journ. für prakt. Chemie 78, 426.
Marchant, Polyt. Centralbl. 1855, 639.
Brunner, Polyt. Journ. 147, 132; 148, 374.
Michaelsen, Polyt. Journ. 149, 59.
Monier, Compt. rend. 46, 236. 425; Polyt. Journ. 147, 452.
Vogel, Polyt. Journ. 156, 44.
Ladé, Wagner's Jahresber. 1857, 333.
Reichelt, Wagner's Jahresber. 1859, 443; 1860, 431.
Otto, Ann. Chem. Pharm. 102, 57; Polyt. Journ. 144, 305.
Kroker, Zeitschrift für Deutsche Landwirthsch. 1856, 110.
Leconte, Chem. Centralbl. 1856, 304.
Rueff, Zeitschrift für Deutsche Landwirthsch. 1859, 83; Schnee's Encyklopädie 2, 197.

Butterbereitung:

Trommer, Das Molkereiwesen, Berlin 1846.
Otto, Landwirthschaftl. Gewerbe.
Gußander, Neue schwedische Milchwirthschaft, Dresden 1856.
Fraas, Die Natur der Landwirthsch. München 1857, Bd. 2, 353.
Sannert, Prüfung des Trommer'schen Verfahrens: Eldenaer Arch. 1856, 51.
Moser, Prüfung des Gußander'schen Verfahrens: Arenstein's land- und forstwirthschaftl. Zeitung 1857, 763. 777.
Stöckhardt, Prüfung des Gußander'schen Verfahrens: Chem. Ackersmann 1856, 56.
Von Babo, Prüfung des Gußander'schen Verfahrens: Landwirthschaftl. Zeitschrift für Rheinpreußen 1860, 112.
Fürstenberg, Molkereiwesen in England: Zeitschrift für Deutsche Landwirthschaft 1857, 78. 110.

Apparate zur Butterbereitung:

Amerikanisches Butterfaß: Polyt. Journ. 131, 5.
Maschinen von Stjernsvärd: Eldenaer Arch. 1856, 201; Wagner's Jahresber. 1857, 336.
Maschinen von Brochardt: Polyt. Journ. 160, 109.
" " Lavoisy: Wagner's Jahresber. 1856, 286.
" " Petit: Polyt. Centralbl. 1858, 202.
" " Girard: Polyt. Journ. 160, 110.
" " Johnson: Polyt. Journ. 159, 263.
" " Willard: Polyt. Journ. 131, 184.
" " Drummond-Rennes: Hamm's Agronom. Zeitung 1853, 134.
" " Weisse: Wagner's Jahresber. 1856, 287.
" " Tindall: Polyt. Journ. 131, 97.

Ausbeute an Butter:

Von Hinnüber: Journ. für Landwirthsch. 1853, 11; 1854, 95.
Vergl. oben Moser, Stöckhardt, Babo.

Analysen von Butter:

Karmrodt: Landwirthschaftl. Zeitschrift für Rheinpreußen 1859, 103.

Stohmann.

Chinin.

Auf den Höhen der südamerikanischen Anden, inmitten einer üppigen Vegetation, in mit Lianen wild durchwachsenen Urwäldern erheben einzeln oder gruppenweis, über ihre Umgebung hinaus, die der Gattung Cinchona angehörenden Chinabäume ihre schlanken Gipfel mit rothen, strahlenden Blüthen und eigenthümlich schimmernden Blättern, einen Wald über dem Walde bildend. Sie liefern jenes geschätzte Heilmittel, die Chinarinde, deren Heilwirkung gegen Fieber der Sage nach schon den Eingeborenen Amerikas vor Landung der Spanier bekannt gewesen sein soll, wahrscheinlich aber zuerst von spanischen Jesuiten beobachtet und geprüft wurde, welche beim Holzfällen, der Landessitte folgend, brauchbare Holzarten an dem Geschmack ihrer Rinde zu erkennen pflegten und durch den bitteren Geschmack der Chinarinde auf ihre Verwendung als Heilmittel geführt wurden. Ihre fiebervertreibende Wirkung verdanken die Chinarinden, wenn auch nicht ausschließlich, doch vorzugsweise zwei organischen, stickstoffhaltigen Verbindungen oder Alkaloiden, dem Chinin und Cin-

chonin, welche in allen echten Chinarinden, je nach Alter und Abstammung derselben, sich in wechselnden Mengen neben Chinasäure, chinasaurem Kalk, Chinagerbsäure, Chinaroth, einem gelben Farbstoff, einer fettigen grünen oder gelben Materie, Gummi, Stärkemehl, Zucker und Holzfaser finden, nur selten vereinzelt, meistens gemeinschaftlich vorkommen. Erst mit der von Pelletier und Caventou im Jahre 1820 gemachten Entdeckung des Chinins und Cinchonins in den Chinarinden beginnt die Zeit einer richtigen Beurtheilung ihres Werthes, und als man bald nachher fand, daß die Heilwirkung des Cinchonins durch die des Chinins bedeutend übertroffen werde, lernte man diejenigen Rinden am meisten schätzen, welche den überwiegendsten Chiningehalt zeigen. Und selbstverständlich, diese Rinden sind es, welche vorzugsweise zur Gewinnung des Chinins verwandt werden, zumal jetzt, wo die Fabrikation desselben mit seinem stets sich steigernden Verbrauche eine verhältnißmäßig bedeutende Ausdehnung erlangt hat; das Interesse des Fabrikanten fordert möglichst chininreiche Rinden zu verarbeiten, und es wird daher hier ein specielleres Eingehen auf die charakteristischsten Eigenschaften seines Rohmaterials, eine kurze Beschreibung der hauptsächlich im Handel vorkommenden Chinarinden, nicht überflüssig erscheinen.

Durch den Vicekönig von Peru, Don Geronimo Fernandez de Cabrera, Bombadilla y Mendoza, Grafen von Chinchon, soll die Chinarinde zuerst im Jahre 1638 nach Spanien gebracht sein und ihm zu Ehren die Gattung der Chinabäume den Namen Cinchona tragen. Ihre weitere und allgemeinere Verbreitung in Europa vermittelten spanische Jesuiten unter Leitung des Cardinals Juan de Lugo, welche bedeutende Mengen Chinarinde von ihren transatlantischen Ordensbrüdern erhielten; bereits 1658 wurde sie als Handelswaare von einem Antwerpner Kaufmann Thompson ausgeboten und bald nachher in solchen Mengen in Europa importirt, daß sie schon 1664 in Lyon mit einer Steuer von drei Sous für das Pfund belegt werden konnte. Aber trotz ihrer raschen Verbreitung und stets sich mehrenden Verwendung wurde erst hundert Jahre nach ihrer Einführung in Europa eine Beschreibung ihrer Stammpflanze, des Chinabaumes, gegeben, und zwar von La Condamine, welcher als Mathematiker eine französische Expedition zur Ermittelung einiger Längengrade des Meridians von Quito begleitete und die Chinaregionen besuchte; bald folgten ihm bis in die neuere Zeit eine große Zahl von Forschern, die unsere Kenntnisse über die Chinabäume, ihre Verbreitung, die Einsammlung der Rinde u. s. w. erweiterten, unter Anderen Joseph von Jussieu, der 1739 bis 1771 Südamerika bereiste, Mutis, der 1760 als Leibarzt nach Santa Fé ging, Humboldt und Bonpland, Ruiz und Pavon, St. Hilaire und von Martius, van Bergen, Weddell u. A., aus deren Berichten sich etwa Folgendes ergiebt:

Meistens stehen die Chinabäume vereinzelt zwischen anderen Bäumen, seltener gruppenweise beisammen in weiten dichten Wäldern, welche auf den Cordilleren in Venezuela, Neugranada, Equador, Peru und Bolivia zwischen dem 19. Grade südlicher und dem 10. Grade nördlicher Breite einen großen, mehr als 700 Meilen langen Kreisbogen bilden, der seine Convexität nach Westen richtet und dessen mittlerer und zugleich westlichster Punkt unter dem 4. Grad südlicher Breite und dem 84. Grad westlicher Länge gegen Loxa liegt; das südlichste Ende desselben reicht bis zum 65. Grad und das nördlichste gegen den 69. Grad. Dieser Kreisbogen, die Chinazone, ist in der Mitte verschieden breit, an beiden Enden verschmälert, fällt mit der Waldregion zusammen und erstreckt sich, nach Weddell, in einer Höhe von 3694 Fuß bis zu 10651 Fuß.

Gleichsam instinctmäßig wissen die Chinasammler (Cascarilleros) die Chinabäume an dem Schimmer ihrer Blätter in den dichtesten Urwäldern aufzufinden und alle Hindernisse zu überwinden, die sich ihnen zur Erreichung ihrer Opfer in den Weg stellen. Unter der Leitung eines gewöhnlich im Dienste einer Compagnie stehenden Majordomo werden die Bäume tief an der Wurzel gefällt und ihre Aeste abgehauen; dann entfernt man die Borke vom Stamme, löst den Bast, läßt aber den Baum noch einige Tage liegen, damit beim Schälen der Aeste sich die Borke nicht freiwillig vom Baste trennt; denn die Rinde der Aeste wird mit der Borke, die des Stammes ohne dieselbe geschält. Man trocknet die dünnen Ast- und Zweigrinden an der Sonne, wobei sie zusammenrollen, die breiten Stammrinden jedoch nur kurze Zeit an der Sonne, dann in inwendig hohlen, kreuzweise über einander geschichteten, durch Steine beschwerten Haufen an der Luft, führt sie getrocknet den Hafenplätzen zu, von wo sie sortirt und zu 80 bis 150 Pfd. in Thierhäute (Suronen) oder Kisten verpackt, in den Handel gebracht werden.

Bis zum Jahre 1776 wurden fast nur aus Loxa und Neugranada Chinarinden versandt und dieses waren meistens nur Zweigrinden, welche man für heilkräftiger als Stammrinden ansah; später kamen wegen immer größerer Nachfrage auch aus Lima und Huanuco, seit 1786 auch aus Payta, Guajaquil, Buenos-Ayres, Carthagena und St. Martha Chinarinden, und da man nach der Entdeckung des Chinins vorzugsweise die chininreichen Rinden zu dessen Darstellung suchte, so wurden die chininreichen Rinden Bolivias den minder chininreichen columbischen Rinden vorgezogen. Mit Recht mußte man bei diesem großen Chinarindenexport eine demnächstige Ausrottung der Chinabäume in Bolivia befürchten, zumal eine Nachpflanzung derselben gänzlich unterblieb und bis zum Jahre 1833 jede gewünschte Menge der Rinde eingesammelt wurde; in diesem Jahre aber beschränkte die Regierung Bolivias die Einsammlung und Ausfuhr der Rinden, übertrug den Alleinhandel einer Compagnie zu La Paz und verbot im Jahre 1854 die Ausfuhr gänzlich, so daß die noch jetzt im Handel erscheinende sogenannte „Königschina" nur aus den bis dahin zu La Paz aufgehäuften Lagern der Monopol-China herstammt, oder durch Schmuggler erhalten wird. Die Preise der Chinarinde und des Chinins wurden hierdurch bedeutend gesteigert; man dachte an Surrogate für Chinin, an seine künstliche Darstellung, schließlich aber auch wieder an die fast 50 Jahre in Ruhe gebliebenen Wälder Columbiens und bezog aus ihnen wieder die freilich minder werthvollen, doch immer Chinin ent-

haltenden Rinden zur Chininfabrikation. Bei der großen Menge von Chinarinde, welche dort gesammelt werden kann und von dort jetzt meistens zur Chiningewinnung bezogen wird, ist der Preis der Rinden und des Chinins wieder gesunken und es ist eine Ausrottung des Chinabaumes bei der großen Menge in Columbien um so weniger zu befürchten, da vor einigen Jahren die Cultur der Chinabäume von Miguel und Haßkarl auf Kosten der holländischen Regierung auf Java mit dem günstigsten Erfolg versucht worden ist und wohl bald ausgedehnt werden dürfte.

Auch in neueren Jahren ist das Gedeihen der dortigen Anpflanzungen durchaus erfreulich gewesen und liefern die Rinden, nach de Vry, eine genügende Menge des Alkaloids.

Es ist schwer zu entscheiden, wie viele Arten der Chinarinden vorkommen, da man ihre Abstammung nicht sicher kennt und nicht selten die Rinde der Zweige, Aeste und des Stammes einer Cinchonaart nach ihrer äußeren Verschiedenheit mit verschiedenen Namen belegt. Die Zweig- und Astrinden sind von jeher braune oder graue Chinarinden, die Stammrinden gelbe und rothe Chinarinden genannt, beide von einander unterschieden, obgleich sie von einem und demselben Baume abstammten; aber da diese Bezeichnung für die vielen verschiedenen Rinden doch nicht genügte, so nannte man sie außerdem noch nach ihren Exporthäfen, so daß eine und dieselbe auf verschiedenen Wegen erhaltene Rinde leicht mit mehreren Namen bezeichnet werden konnte, oder man unterschied sie nach den zufällig auf den Rinden vorkommenden Flechten, oder, nach van Bergen, nach Farbe und Structur, die beide je nach Alter der Rinde und ihrer Abstammung von Zweigen, Aesten oder Stämmen sehr verschieden sein können. Erst in neuester Zeit gründete Weddell eine Eintheilung der Chinarinden auf ihren anatomischen Bau, indem er daran die Außenschicht oder Korkschicht, die Mittelrinde oder Zellschicht und die Innenrinde oder Faserschicht unterschied; bestimmt ist eine solche Eintheilung rationell, da das Fehlen oder die vorwiegende Entwicklung der einen oder der anderen Schicht nicht nur ein leicht erkennbares Unterscheidungsmerkmal bietet, sondern auch ziemlich genau ihren Gehalt an Chinin und Cinchonin angiebt. Nach Weddell liefern dünne Rinden junger Zweige der Cinchonen vorzüglich Cinchonin, ihre dickeren Rinden vorwiegend Chinin, weil beim Wachsen der Rinde die äußere Schicht der Mittelrinde mit der Außenrinde abstirbt, der lebende innere Theil derselben und die Innenrinde weiter auswächst und in dieser vorzugsweise sich Chinin findet. Die Innenröhre besteht aus Baströhren, in dem zwischen ihnen liegenden Zellgewebe ist das Chinin enthalten; da nun die Anordnung der Baströhren am Bruch der Rinde leicht zu erkennen ist, so kann man nach diesem ihren Chinin- oder Cinchoningehalt ziemlich genau erkennen und sie darnach eintheilen; bei den an Chinin reichsten Rinden zeigen sich beim Querbruch an der ganzen Dicke der Rinde die Baströhren als kleine, kurze, spröde, gleich lange Spitzen, bei den minder chininreichen Rinden weniger ungleiche lange Spitzen und bei wenig Chinin aber vorzüglich Cinchonin enthaltenden Rinden fehlen die Spitzen ganz und gar, oder gegen die Außenschicht mehr oder weniger. Indessen ist eine hierauf gegründete Eintheilung der Chinarinden noch nicht an allen Rinden des Handels durchgeführt, man unterscheidet sie meistens noch nach ihrer Farbe und bezeichnet sie außerdem mit Handelsnamen, wie die nachfolgende Beschreibung der wichtigsten Rinden nach Wiggers zeigt.

A. Braune Chinarinden, sind stets gerollt, meistens von Zweigen und dünnen Aesten, enthalten vorzüglich Cinchonin und Chinagerbsäure, nur wenig Chinin, schmecken mehr adstringirend als bitter.

1) Huanuco-China, von Cinchona micrantha, C. pubescens, C. glandulifera, und C. lanceolata, kommt aus der Provinz Huanuco über Lima in Kisten und Suronen und bildet 3 bis 18 Zoll lange, 2 Linien bis $1^1/_4$ Zoll im Durchmesser haltende gerade zusammengerollte Röhren, die an ihrer Oberfläche milchweiß bis grauweiß, schwarz befleckt sind, zarte Längsrunzeln zeigen, unter der Flechtenbedeckung rehgrau bis zimmtbraun erscheinen und eine dicke rostbraune, sehr fest mit der Mittelschicht zusammenhängende, auf dem Bruch faserig oder splitterig erscheinende, häufiger mit gelbweißen Holzsplittern versehene Innenschicht besitzen.

2) Loxa-China, früher als beste Chinarinde angesehen, von Cinchona Condaminea, kommt aus Loxa und Lima über Payta, Callao und Guajaquil, bildet 15 Zoll lange, 2 Linien bis 1 Zoll dicke, zusammengerollte, oberhalb weiß- bis schiefergraue, etwas gefleckte, mit Flechten besetzte, mit weit von einander entfernten Querrissen versehene Röhren, die eine nur mit zarten, unregelmäßigen Längsrunzeln versehene zimmtbraune Innenfläche besitzen.

3) Blasse Jaën-China, wahrscheinlich nach van Bergen von Cinchona pubescens abstammend, kommt aus Peru, bildet 4 bis 16 Zoll lange, $2^1/_2$ Linien bis 1 Zoll dicke, meistens bogenförmig gekrümmte, geschlossene Röhren, ist oberhalb aschgrau, abwechselnd hellgelb, durch aufliegende Flechten bräunlich gefleckt, zeigt schwache wellenförmige Längsrunzeln; sie ist zimmtbraun, zeigt bald ebenen, bald splitterigen Querbruch und besitzt rostfarbige oder zimmtbraune, ins Gelbliche übergehende Farbe.

4) Huamalies-China, nach Weddell von Cinchona micrantha, C. pubescens, C. hirsuta abstammend, kommt von Lima meistens nach Hamburg stets in Kisten von 118 bis 125 Pfd., bildet 5 bis 16 Zoll lange, 3 Linien bis $1^1/_2$ Zoll dicke gerade Röhren, die rehgraue bis rostbraune, mit wellenförmigen Längswurzeln versehene Oberfläche haben, weiche und korkartige, nelkenbraune Mittelschicht besitzen und eine ebene, zartfaserig gestreifte, oder wenig splitterige, rostbraune bis röthliche Innenfläche zeigen.

B. Gelbe Chinarinden sind meistens größere, ochergelbe bis bräunlich-gelbe Stücke des Stammes oder der dicken Aeste, enthalten neben wenig Cinchonin und Chinagerbsäure namentlich Chinin und Chinasäure, schmecken mehr bitter als adstringirend.

1) Königs-China, von Cinchona Calisaya var. vera *Weddell.*, kommt aus den Provinzen Enquisivi, Yungas, Larecaya und Caugolicora, von Bolivia meistens über Arica, seltener über Cobija in Suronen von 45 bis 50, auch von 125 bis 135 Pfund.

a) Königschina in Röhren. Die Zweig- und Astrinden; sie sind 3 bis 18 Zoll lange, 2 Linien bis 2 Zoll dicke, gerade Röhren, die oberhalb milchweiß, zuweilen gelblich-weiß, von anhaftenden Pilzen grau bis schwärzlich sind, bedeutende Längsrunzeln, Längsfurchen und rings um die Röhre laufende Querrisse an ihrer Oberfläche zeigen, die oft so tief in die nußbraune Borke eindringen, daß sie auf der Mittelschicht noch bemerkbare Eindrücke erzeugen. Ihre Mittelfläche ist von der Außenfläche leicht trennbar, zimmt- bis rostbraun, spröde, auf dem Querbruch die charakteristischen gleichmäßig langen Spitzen der Baströhren zeigend, und ihre Innenfläche zimmtbraun, fast glatt, durch zahllose kurze, feine, wenig hervortretende, glasglänzende Baströhren schimmernd.

b) Flache Königs-China, die Mittelfläche der Stammrinden, besteht aus bandförmigen, ganz flachen oder nur wenig gebogenen, 1 bis 4 Zoll breiten, 1 bis 5 Linien dicken, 8 Zoll bis 2 Fuß langen, dichten, schweren Rinden, die sehr charakteristisch auf ihrer Oberfläche breite, unregelmäßige, scharfrandige, wellenförmige Vertiefungen zeigen; ihre Mittelschicht ist ein Gewebe von kurzen, sechsseitigen, gleichgroßen, nach beiden Enden verschmälerten, spitz ausgehenden Fasern, die in einem kleinzelligen Gewebe unverbunden neben einander liegen, sich leicht unversehrt aus der Rinde herausnehmen lassen und beim Pulvern der Rinde ein unangenehmes juckendes Gefühl auf der Haut verursachen. Die Rinde ist oberhalb orangebraun, in den Vertiefungen heller, ihre Unterfläche orangegelb, schmeckt anhaltend rein und stark bitter, reizend, gewürzhaft, zusammenziehend.

2) Flache Huanuco-China, von Cinchona nitida, ist der vorigen sehr ähnlich und wird ihr häufig unterschoben; sie hat kurzfaserigen Bruch, aber losere Textur als jene und erscheint in kleineren, unregelmäßigen Stücken.

3) Flache Carabaya-China, die Stammrinde von Cinchona ovata var. vulgaris, kommt über Islay und Arica in Suronen von 144 bis 150 Pfd. Flache, sehr dünne, bis 3 Zoll breite, bis $1\frac{1}{2}$ Fuß lange, an der Oberfläche mit Eindrücken versehene Rindenstücke, deren Mittelschicht eine obere hell-braunrothe Schicht mit harzigem Bruch und eine untere zimmtfarbige mit faserigem Bruch zeigt.

4) Pitaya-China, von Cinchona Condaminea var. Pitayensis, in der Provinz Popayan in Neugranada gesammelt, über Buonaventura exportirt. Unregelmäßige, dichte, harte, schwere, meistens etwas rückwärts gekrümmte Stücke, die an der Oberfläche von der Außenschicht größtentheils befreit, röthlich-gelbbraun erscheinen, Längsrinnen mit abgerundeten Rändern besitzen, an der Unterfläche zimmtbraun sind, einen in der äußeren Schicht fast ebenen und harzigen, in der inneren feinfaserigen Querbruch zeigen.

5) Harte Carthagena-China, wahrscheinlich von Cinchona cordifolia var. vera, bildet 5 bis 15 Zoll lange, 3 bis 8 Linien dicke, zusammengerollte Röhren oder meistens 4 bis 12 Zoll lange, $\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll breite und 2 bis 7 Linien dicke und flache Stücke. Besonders letzteren fehlt die äußere gelblich-weiße oder aschgraue Schicht; die Mittelschicht ist braungelb, auf dem Querbruch auffallend kurzsplitterig, oft fast faserig; die Unterfläche der Röhren ist ziemlich eben, die der flachen Stücke schwach gefurcht und ungleich splitterig, zimmtbraun, abwechselnd rostbraun bis rehfarben.

6) Faserige Carthagena-China, von Cinchona Condaminea var. lancifolia stammend, erscheint in der vorigen ähnlichen Röhren oder in 6 bis 12 Zoll langen, 2 bis 6 Linien dicken, $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll breiten, flachen oder schwach rinnenförmig gebogenen Stücken. Die an Röhren sich zuweilen noch findende Außenschicht ist gelblich-weiß und aschgrau, weich, korkartig, die zimmtbraune Mittelschicht auf dem Querbruch faserig, lang- und dünnsplitterig, die Fasern weich und biegsam, die Unterfläche der Rinden ochergelb, fein längsfaserig.

7) Bogota-China, aus den Wäldern Popayans stammend, kommt im Handel fast ganz zerstückelt vor, ist 4 Millimeter dick, oberhalb glatt, röthlich-gelb, ziemlich dicht, auf dem Querbruch in der äußeren Schicht etwas harzig, sonst kurzfaserig.

C. Rothe Chinarinden, zeigen faserige Textur, schmecken sehr bitter und zusammenziehend, sind meistens große Stammrinden.

1) Rothe Quito-China, stammt wahrscheinlich von einer Varietät der Cinchona Condaminea her, kommt aus Quito über Guajaquil in Suronen und Kisten von 100 bis 120 Pfd., bildet bis 12 Zoll lange, 2 Linien bis $1\frac{1}{4}$ Zoll dicke zusammengerollte Röhren, oder 2 Zoll bis 2 Fuß lange, $\frac{3}{8}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll dicke, 1 bis 5 Zoll breite, flache oder wenig rinnenförmige Stücke; ihre Oberfläche ist rehgrau bis kastanienbraun, mit wellenförmigen Längsrunzeln besetzt, ihre Mittelschicht röthlich-zimmtbraun, auf dem Querbruch mehr oder weniger faserig und splitterig, braunroth, ihre Unterfläche braunroth und je nach der Dicke der Rinden zartfaserig oder splitterig, von einem staubigen Ueberzuge matt.

2) Rothe Cusco-China, von Cinchona scrobiculata var. Delondriana, aus Santa Ana in Cusco über Islay und Arica in Suronen von 145 bis 150 Pfd. exportirt. Die Rinden der Aeste bilden der Huanuco-China ähnliche Röhren, welche quer- und längsrissig und mit schwärzlichen Flechten bedeckt sind; die Stammrinden sind flach und wenig rinnenförmig, braun, weißlich überdeckt, haben eine stellenweise hellere Mittelschicht, sind faserig, auf ihrer Unterfläche fast eben und feinfadig. Sie schmeckt sogleich sehr bitter und zusammenziehend.

Außer diesen Chinarinden kommen im Handel andere, vorzüglich columbische Rinden vor, deren Abstammung nicht sicher bekannt ist, die je nach ihrem Vaterlande oder Versendungsorte benannt und zur Chininfabrikation mit Vortheil verwandt werden. Den größten Chiningehalt besitzen die gelben Chinarinden, unter diesen die Königschina, die Carthagena-, Bogota-China u. a. Stammrinden sind überhaupt chininreicher als Zweigrinden, besonders wenn sie nicht zu jung oder zu alt sind, und dieses berücksichtigend wird der Chininfabrikant wo möglich die Rinden sich zu verschaffen suchen, die nach der folgenden, von Delondre und Bouchardat zusammengestellten Tabelle den größten Chiningehalt zeigen:

Es liefert 1 Kilogramm:

	Schwefelsaures Chinin. Grm.	Schwefelsaures Cinchonin. Grm.
Calisaya-China in platten Stücken ...	30—32	6—8
„ „ „ gerollten „ ...	15—20	8—10
Carabaya-China „ platten „ ...	15—18	4—5
Cusco-China	4	12
Huanuco-China in platten Stücken ...	6	12
„ „ „ gerollten „ ...	2	8—10
Jaën-China	4	10
Lebhaft rothe China	20—25	12
Blaßrothe China (mit Chinicin)	15—18	5—6
Graue Loxa-China	2	10
Condaminea-China	8	6
Gelbe China von Guajaquil	3—4	30
Bogota-China	30—32	3—4
Orangegelbe gerollte China	18	4—5
Pitaya-China	20—25	10—12
Harte Carthagena-China	20	—
Rothe China von Mutis aus Neugranada	12—14	6—7
Gelbe „ „ „ „ „	12—14	5—6
Orangegelbe China v. Mutis a. Neugr.	15—16	8—10
Rosenrothe Carthagena-China	18	4
Maracaibo-China aus Neugranada ...	10—12	2—3

Nach Karsten ist der Gehalt der Rinden sehr abhängig von dem Boden, auf dem sie gewachsen sind, und von dem Klima. So liefert nach ihm die gelbe Rinde von China lancifolia Mutis im Durchschnitt 2,5 Proc. schwefelsaures Chinin und 1 bis 1,5 Proc. schwefelsaures Cinchonin; mitunter enthält sie aber nur Spuren der Basen, dagegen steigt ihr Gehalt an Chinin auch bis zu 4,5 Proc. des schwefelsauren Salzes. Die Stammrinde eines Baumes gab 1,25 Proc. schwefelsaures Chinin und 0,25 Proc. schwefelsaures Cinchonin, die Rinde der jungen Zweige war ganz frei von Alkaloiden. Unmittelbar nach dem Fällen gab die Rinde eines Baumes 3,5 Proc. schwefelsaures Chinin, nach sechs Monaten gab die an dem Stamme verbliebene Rinde nur noch 3 Proc.

Prüfung der Chinarinden. Der Werth der Chinarinde, der durch ihren größeren oder geringeren Gehalt an Alkaloiden bedingt ist, ergiebt sich nicht sicher aus ihrem Aussehen und bei dem hohen Preise des Materials ist es immer nöthig, die Menge der darin enthaltenen Alkaloide direct zu bestimmen. Es lassen sich dazu die im Großen befolgten Darstellungsmethoden des Chinins im Kleinen ausführen, aber rascher folgende hinreichend genaue Prüfungen mit den Rinden anstellen:

Man schüttet, nach Rabourdin, 20 Grm. der zu prüfenden gepulverten Chinarinde in einen Vorstoß, durchfeuchtet sie mit salzsäurehaltigem Wasser, erschöpft sie, mit etwas Fließpapier bedeckt, vollständig mit sehr verdünnter Salzsäure, mischt die Flüssigkeit, sobald sie farblos und nicht mehr bitter schmeckend abfließt, mit 5 bis 6 Grm. Kalihydrat und 10 Grm. Chloroform, schüttelt um und läßt stehen. Entweder scheidet sich hierbei ein weißlicher, sehr dichter, aus Chinin, Cinchonin und Chloroform bestehender Bodensatz ab, oder es bildet sich eine zu Boden sinkende klare Lösung der Alkaloide; den einen oder die andere sammelt man nach dem Waschen mit Wasser in einem Schälchen, läßt das Chloroform freiwillig verdunsten und wägt die zurückbleibenden getrockneten Alkaloide.

Man durchfeuchtet, nach Veltmann, ein Gemenge von 3 Grm. der zu prüfenden feingepulverten Rinde und 3 Grm. reinem Quarzsand mit einem Gemisch von 5 Tropfen Salzsäure von 1,17 spec. Gew. und 20 Tropfen Weingeist, bringt es in eine 12 Centimeter lange und 1,5 Centimeter weite, unten spitz zulaufende und durch Baumwolle locker verstopfte Glasröhre und erschöpft es hierin mit etwa 60 Grm. Weingeist, dem 20 Tropfen Salzsäure zugesetzt waren. Die braune Lösung wird durch Zusatz von gepulvertem Kalihydrat fast ganz entfärbt, der abfiltrirte Niederschlag mit Weingeist ausgewaschen, die Lösung mit Salzsäure neutralisirt und davon der Alkohol nach Zusatz von Wasser bis etwa auf 8 Grm. verdunstet; darauf filtrirt man das etwa ausgeschiedene Harz ab, fällt aus der Lösung durch Ammoniak die Alkaloide, wäscht sie einige Male mit kaltem Wasser, trocknet, wägt und digerirt sie mit Aether, der Chinin auflöst; das ungelöst bleibende Cinchonin wird abfiltrirt, mit Aether gewaschen, wieder gewogen und aus dem Gewichtsunterschiede die Menge des Chinins leicht berechnet.

Nach einer sehr einfachen Methode erschöpft man 20 Grm. der zu prüfenden Rinde mit kochendem salzsäurehaltigem Wasser, verdampft den Auszug im Wasserbade zur Trockne, löst den Rückstand wieder in wenigem salzsäurehaltigem Wasser, wobei Chinaroth ungelöst zurückbleibt; aus der filtrirten, etwas durch Eindampfen concentrirten Lösung werden die Alkaloide mit Ammoniak gefällt, auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt, mit wenig kaltem Wasser gewaschen und bei 100° getrocknet, gewogen und zur Bestimmung des Chinins für sich schließlich die Masse wie vorhin mit Aether oder mit Chloroform behandelt.

Darstellung des Chinins. Die große Menge fremder, zum Theil noch unbekannter Bestandtheile, welche Chinin und Cinchonin in der Chinarinde begleiten, erschweren ihre Abscheidung oder vielmehr Reindarstellung, zumal sie beide große Neigung besitzen, mit jenen harzartige Verbindungen zu bilden, oder bei ihrer Abscheidung, wie das Chinin, sich in eine isomere Modification, das Chinidin, umzuwandeln. Beide Alkaloide sind in der Rinde theils mit Chinasäure, theils mit Chinagerbsäure verbunden; sie werden selbst von kochendem Wasser in dieser Verbindung nur sehr wenig gelöst, dagegen vollständig von verdünnten Säuren, die aber zugleich auch Chinasäure, Chinagerbsäure, Chinaroth und überhaupt färbende Materien ausziehen; wird nun der saure Auszug des Chinin- und Cinchoninsalzes mit einer starken Base vermischt, so scheiden sich seine Alkaloide zugleich mit etwas Chinaroth und Farbstoff aus; verwendet man dazu Natron, so entzieht dieses den niederfallenden Alkaloiden zugleich einen großen Theil des Gehalts an Chinaroth; bei Anwendung von Kalk, Magnesia aber verbinden sich diese mit der Chinagerbsäure und dem Farbstoffe zu in Weingeist schwer löslichen Verbindungen und so entzieht dieser dem Niederschlage schon ziemlich reine Alkaloide, die durch Umkrystallisiren ihrer Verbindungen mit Säuren gereinigt und schließlich wegen ihrer verschiedenen Löslichkeit in Aether durch dieses Lösungsmittel getrennt werden können. Man sucht bei der Fabrikation des Chinins den Chinarinden die

Alkaloide vollständig und möglichst frei von fremden Stoffen zu entziehen, dann beide möglichst scharf von einander zu trennen, und befolgt dazu nachstehende Methoden:

Nach Liebig digerirt man grob gepulverte Chinarinde wiederholt mit dem vier- bis fünffachen Gewicht Wasser, dem $^1/_{50}$ Th. Schwefel- oder Salzsäure zugesetzt ist, wäscht den Rückstand mit Wasser und preßt ihn aus. Wenn nach mehrtägigem Stehen die vereinigten Auszüge sich geklärt haben, versetzt man sie, vom Bodensatz abgegossen oder abfiltrirt, mit zerriebenem kohlensaurem Natron, so lange, bis die Lösung auf weiteren Zusatz nicht mehr getrübt wird und ein großer Ueberschuß des Fällungsmittels vorhanden ist; dieses überschüssige kohlensaure Natron, das man übrigens durch Abdunsten der Flüssigkeit, Krystallisiren und Glühen wiedergewinnen und von Neuem verwenden kann, schlägt Chinin und Cinchonin nieder, löst einerseits viel niedergefallenes Chinaroth, andererseits viel weniger niedergefallenes Chinin als reines Wasser. Den Niederschlag wäscht man mit Sodalösung, preßt, trocknet und erschöpft ihn kalt mit 80- bis 90procentigem Weingeist, digerirt die Lösung mit Thierkohle, filtrirt sie und destillirt davon drei Viertel des Weingeistes ab. Die rückständige Lösung scheidet beim Erkalten darin gelöst gewesenes Cinchonin krystallinisch aus; wird dieses davon abfiltrirt, die Lösung mit mehr Wasser vermischt und davon aller Weingeist abdestillirt, so scheidet sich beim Erkalten das Chinin aus dem wäßrigen Rückstande als Hydrat aus.

Gewöhnlich werden die Alkaloide, anstatt mit kohlensaurem Natron, aus dem schwach salzsäurehaltigen Auszug der Rinden mit Kalk niedergeschlagen; allein es ist dabei ein Verlust unvermeidlich, da der überschüssige Kalk etwas Chinin löst. Ebenso lösend wirken Kali oder Ammoniak, nicht aber das Natron, welches außerdem dem Alkaloide die färbenden Theile besser als die übrigen Basen entzieht. Man digerirt daher vortheilhaft 50 Th. gröblich gepulverte Chinarinde in bleiernen Kesseln einen Tag lang mit einem Gemisch von 200 Th. Wasser und 1 Th. Schwefelsäure, preßt die vom Auszug getrennte Rinde, digerirt sie noch einmal mit 150 Th. Wasser und $^2/_3$ Th. Schwefelsäure, darauf nur mit 150 Th. Wasser. Die auf 50 Th. eingedampften Auszüge werden nach dem Klären mit Natronlauge übersättigt, der sich hierdurch bildende Niederschlag abfiltrirt, mit kaltem Wasser gewaschen und getrocknet. Um das im Niederschlage enthaltene Chinin vom gleichzeitig darin vorhandenen Cinchonin zu trennen, benutzt man mit Vortheil die Eigenschaft des schwefelsauren Chinins, in kaltem Wasser sehr wenig löslich zu sein, während sich das entsprechende Cinchoninsalz leicht darin löst; es läßt sich daher ersteres, zumal wenn es im vorwiegenden Verhältniß zu letzterem steht, größtentheils auskrystallisiren, während letzteres gelöst bleibt. Man erschöpft zu diesem Zwecke den trocknen, fein geriebenen Niederschlag der Alkaloide mit seinem zehnfachen Gewicht Weingeist von 90 Proc., versetzt die filtrirte weingeistige Lösung bis zur schwach sauren Reaction mit verdünnter Schwefelsäure, dann mit etwa $^1/_4$ Th. ihres Gewichts Wasser und destillirt den Weingeist davon ab. Um letzteren vollständig aus dem wäßrigen Rückstand zu entfernen, muß man diesen noch in einer Schale erwärmen; man sammelt die nach einiger Zeit darin sich ansammelnden Krystalle von schwefelsaurem Chinin, reibt sie mit kaltem Wasser zu Brei an, wäscht, preßt und vertheilt sie dann in viel warmem Wasser und fügt zu diesem Natronlauge bis zur stark alkalischen Reaction. Wenn man den hierdurch erzeugten Niederschlag wäscht, trocknet, in Weingeist von 90 Proc. löst, die filtrirte Lösung wieder wie vorhin mit verdünnter Schwefelsäure sättigt und davon nach Zusatz von Wasser den Weingeist abdestillirt, so erhält man beim Erkalten des wäßrigen Rückstandes ein schwefelsaures Chinin, das beim Fällen seiner weingeistigen Lösung mit Natronlauge meistens rein weiß erscheint; ist es nicht weiß, so muß es nochmals eine gleiche Behandlung mit Schwefelsäure, Natronlauge u. s. w. erfahren.

Um schon von vornherein möglichst farblose salzsaure Auszüge der Chinarinden zu erhalten, aus denen um so leichter sich ein weißes Chinin darstellen läßt, kann man vortheilhaft die Chinarinde vor ihrer Extraction mit Kohlenpulver mengen oder, nach Geiger, die färbenden Materien der Auszüge durch einen Zusatz von Zinnchlorür niederschlagen, den Ueberschuß des Zinnsalzes aber aus den Lösungen durch Schwefelwasserstoff entfernen, oder die Chinarinde vor ihrer Extraction mit einem Alkali behandeln, um ihr Chinagerbsäure, Chinaroth und andere färbende Stoffe zu entziehen.

Die Benutzung des Weingeistes zur Extraction des Chinins aus den durch Alkalien in den Auszügen der Rinde erzeugten Niederschlägen macht die Fabrikation des Chinins kostspielig und man hat daher mehrere Methoden zu seiner Gewinnung ohne Verwendung von Weingeist versucht und empfohlen. Man kann die salzsauren Auszüge der Rinde durch kohlensaures Natron im Ueberschuß fällen, den Niederschlag abfiltriren, pressen, in verdünnter Schwefelsäure lösen, wobei viel Farbstoff ungelöst bleibt, von Neuem mit kohlensaurem Natron wie vorhin fällen; schon bei der zweiten Fällung erhält man in der Regel einen wenig gefärbten Niederschlag, der durch wiederholtes Fällen und Lösen vollständig gereinigt wird und zur Trennung des Chinins vom Cinchonin mit Aether behandelt werden kann. Thiboumery bedient sich anstatt des Weingeistes zur Lösung des Chinins flüchtiger oder fetter Oele. Die mittelst Kalk aus den Chinarindenauszügen erhaltenen Niederschläge digerirt er mit Terpentin- oder Steinkohlenöl, die das Chinin lösen, aber fremdartige braune Materien zurücklassen; bei Anwendung eines fetten Oeles muß dem Niederschlag erst der Kalk entzogen werden, da dieser sonst mit dem Oel Kalkseife erzeugen würde, und daher löst man ihn erst in einer Säure, fällt daraus das rohe Chinin mit Ammoniak und digerirt dann dieses mit dem fetten Oel; dem angewandten flüchtigen oder fetten Oele entzieht man gelöstes Chinin durch Schütteln mit verdünnter Säure, Abgießen der sauren Lösung vom Oel, Fällen mit einem Alkali und Sättigen des ausgeschiedenen Chinins mit Schwefelsäure.

Herring zu Southwark verwendet anstatt des Weingeistes Benzol oder Terpentinöl; sein Verfahren wurde ihm 1853 patentirt und ist folgendes: Die gepulverte

Chinarinde wird zunächst von extractiven, gummigen und färbenden Bestandtheilen durch Auskochen mit Natronlösung und Auswaschen in großen Bottichen mit Wasser befreit, dann mit schwefelsäurehaltigem Wasser mehrere Male gekocht, wobei sie mittelst einer Maschine gerührt wird. Die letzten Abkochungen werden zu der Extraction neuer Rinde verwendet, die ersteren, chininreicheren im Wasserbade bis zur genügenden Concentration eingedampft und vom beim Erkalten sich ausscheidenden Farbstoff abfiltrirt. Die filtrirte Lösung wird mit Natronlauge im Ueberschuß versetzt; die sich ausscheidenden Alkaloide werden gewaschen, gepreßt und bei gelinder Wärme mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, um unreines schwefelsaures Chinin und Cinchonin daraus zu lösen; die Lösung erstarrt beim Erkalten zu einer dicken Krystallmasse. Wird diese gepreßt, gewaschen, wieder gepreßt, der Preßkuchen in vielem Wasser gelöst und wieder durch Eindampfen krystallisirt, so erhält man ungebleichtes schwefelsaures Chinin. Um es zu reinigen, kocht man seine Lösung mit Thierkohle, dampft sie ein, läßt die sich ausscheidenden Krystalle abtropfen und bei mäßiger Temperatur trocknen.

Die beim Auskochen der Chinarinde mit Aetznatron erhaltene blutrothe Flüssigkeit übersättigt man mit Salzsäure, um die ausgezogenen Alkaloide in Lösung zu behalten, dampft sie etwas ein, filtrirt etwa ausgeschiedenen Farbstoff daraus ab, fällt sie mit Kalkhydrat im Ueberschuß, wäscht und preßt den entstehenden aus überschüssigem Kalk und Alkaloiden bestehenden Niederschlag und digerirt ihn mit Benzol oder Terpentinöl. Schüttelt man nun die Auszüge mit kalter verdünnter Schwefelsäure und Wasser, so gehen die Alkaloide in die saure, wäßrige Lösung über und diese giebt nach dem Abnehmen des aufschwimmenden Benzols oder Terpentinöls mit Natronlauge einen Niederschlag von Chinin und Cinchonin.

Die Reinigung des Chinins vom Cinchonin läßt sich, wie schon erwähnt, durch Aether erreichen, da in diesem ersteres löslich, letzteres fast unlöslich ist; allein seine Verwendung ist für den Fabrikbetrieb zu kostspielig und wird daher das Cinchonin vom Chinin hierbei dadurch getrennt, daß man ersteres so viel als möglich aus der weingeistigen Lösung zuerst auskrystallisiren läßt, dann die Lösung mit Schwefelsäure möglichst genau sättigt, der Lösung wenige Tropfen Natronlauge zusetzt und sie dann abdampft. Die ersten Krystallisationen sind reines Chininsalz; in der Mutterlauge findet sich das Cinchoninsalz neben wenig Chininsalz; man versetzt diese mit Sodalösung und dem entstehenden, aus Cinchonin und wenig Chinin bestehenden Niederschlag entzieht man letzteres durch wäßrigen Weingeist oder Wasser, in denen Cinchonin schwerer als Chinin löslich ist.

Eigenschaften und Zusammensetzung. Das aus den Lösungen seiner Salze durch Alkalien niedergeschlagene Chinin ist ein weißes, lockeres, fein krystallinisches, geruchloses, höchst bitter schmeckendes Pulver, welches nur sehr schwer in etwas größeren Krystallen zu erhalten ist, wenn man es in schwachem Weingeist oder wäßrigem Ammoniak löst und die Lösung freiwillig an der Luft verdunsten läßt, wobei es jedoch nur zum kleinsten Theil krystallisirt, zum größten Theil als amorphe Masse sich abscheidet. Das aus seinen Lösungen gefällte, sowie das krystallisirte Chinin enthält 6 Aeq. Krystallwasser und ist zusammengesetzt nach der Formel $C_{40}H_{24}N_2O_4 . 6HO$; die beim Verdunsten seiner weingeistigen Lösung sich neben Krystallen abscheidende amorphe, sowie die beim Schmelzen des Chinins nach dem Erkalten zurückbleibende Masse ist wasserfreies Chinin $= C_{40}H_{24}N_2O_4$. Das wasserhaltige Chinin, Chininhydrat, schmilzt bei 120° zu einer ölartigen, farblosen Flüssigkeit, die beim Erkalten jenes wasserfreie Chinin bildet; bei vorsichtigem Erhitzen verflüchtigt sich etwas Chinin, bei raschem Erhitzen entwickelt es Ammoniak und verbrennt bei Zutritt der Luft mit heller Flamme vollständig. Das gewöhnliche wasserhaltige Chinin löst sich in 400 Th. kaltem, etwa 250 Th. kochendem Wasser, leicht in Weingeist, auch in Aether, Chloroform, flüchtigen und fetten Oelen, seine Lösungen reagiren alkalisch, lenken die Ebene des polarisirten Lichtstrahls stark nach links ab.

Nach van Heijningen's Untersuchungen kann das Chinin in drei Modificationen auftreten, die er als αChinin, βChinin und γChinin bezeichnet.

αChinin ist das aus den Lösungen der Chininsalze durch Alkalien gefällte Chinin, welches dadurch sich auszeichnet, daß es in Aether leicht löslich ist, aber aus der Lösung nicht krystallisirt erhalten werden kann, daß es nur schwierig und theilweise aus weingeistiger und ammoniakalischer Lösung krystallisirt.

βChinin macht einen Hauptbestandtheil des Chinoidins aus, welches bei der Darstellung des Chinins und Cinchonins nach deren Ausfällung in der Mutterlauge bleibt, daraus durch kohlensaures Kali ausgeschieden wird, und neben harzartigen Bestandtheilen wenig gewöhnliches Chinin, Cinchonin und 50 bis 60 Proc. βChinin enthält, das ihm durch Aether entzogen werden kann. βChinin zeichnet sich dadurch aus, daß es schwerer als αChinin in Aether löslich ist, aber leicht aus weingeistiger und ätherischer Lösung krystallisirt.

γChinin entsteht aus frisch gefälltem, gut ausgewaschenem αChinin, wenn es längere Zeit feucht an der Luft liegt, und ist wie βChinin aus weingeistiger Lösung krystallisirbar.

Diese Modificationen des Chinins sollen durch ihren verschiedenen Wassergehalt bedingt sein. Die eine derselben, das βChinin, ist, nach Bouquet und Schäufele, wegen seiner Löslichkeitsverhältnisse und der Zusammensetzung seines schwefelsauren Salzes wahrscheinlich identisch mit dem

Chinidin, einer von Winckler entdeckten Base, die in der Huamalies-China natürlich vorkommen soll, in großer Menge besonders aus columbischen Chinarinden (Bogota-China), in geringerer Menge stets bei der Chiningewinnung aus anderen Chinarinden erhalten und in neuerer Zeit häufig dem Chinin beigemengt wird, von dem es sich durch seine schwierigere Löslichkeit in Aether und die Eigenschaft, aus ätherischer Lösung zu krystallisiren, unterscheidet; jedoch sieht Leers das Chinidin als eine besondere Base an, giebt ihr die Formel $C_{36}H_{22}N_2O_2$ und Pasteur hält es für ein Ge

menge von dem eigentlichen, mit Chinin isomeren Chinidin und einem, dem Cinchonin isomeren Cinchonidin.

Nach Strecker im wasserfreien Zustande der Formel $C_{40} H_{24} N_2 O_4$ entsprechend, gehört das Chinin hinsichtlich seiner chemischen Constitution zu den Alkaloiden, den substituirten Ammoniaken, und zwar ist es eine Nitrilbase, ein Ammoniak (NH_3), in dem alle 3 Aeq. H durch drei zusammengesetzte Radicale von jetzt noch unbekannter Constitution ersetzt sind. Wie das Ammoniak, so bildet auch dieses substituirte Ammoniak mit Säuren gut charakterisirte Salze.

Chininsalze. Sie sind neutral oder sauer, im Allgemeinen in Weingeist sehr löslich, weniger löslich in Wasser als die entsprechenden Cinchoninsalze, schmecken alle sehr bitter und werden durch Alkalien, kohlensaure und doppelt kohlensaure Alkalien gefällt, ebenso durch Gerbsäure. Zu den wichtigsten gehören:

Schwefelsaures Chinin. Dieses Chininsalz, welches eigentlich nur allein fabrikmäßig gewonnen wird und zur Darstellung sowohl des reinen Chinins als seiner übrigen Salze dient, wird fast immer direct aus der Chinarinde, wie für Chinin beschrieben wurde, dargestellt, kann aber auch durch Lösen des reinen Chinins in verdünnter Schwefelsäure gewonnen werden. Das gewöhnlich im Handel vorkommende und als Medicament gebraucht werdende schwefelsaure Chinin ist das neutrale, früher als basisch angesehene Salz: $2\,(C_{40} H_{24} N_2 O_4) . S_2 H_2 O_8 + 14\,HO$, so wie es aber gewöhnlich vorkommt, ist es, nach Robiquet und Strecker, wegen Wasserverlustes nach der Formel $2\,(C_{40} H_{24} N_2 O_4) . S_2 H_2 O_8 + 4\,HO$ zusammengesetzt.

Es bildet ein rein weißes, sehr lockeres, aus feinen Nadeln und Blättchen des schiefen rhombischen Systems krystallisirendes Salz von sehr bitterem Geschmack, ist geruchlos, verwittert an der Luft unter Verlust von 10 Aeq. Wasser, verliert beim Erhitzen auf 120° auch die letzten 4 Aeq. Wasser, jedoch nicht ohne theilweise Zersetzung, schmilzt in stärkerer Hitze, wird roth, phosphorescirt und verbrennt endlich, ohne Rückstand zu hinterlassen. Es löst sich in 336 Th. kaltem, in 33 Th. kochendem Wasser, in 60 Th. Weingeist von 0,85 spec. Gew. und in noch weniger heißem Weingeist, auch in Aether. Seine Lösungen reagiren sauer und zeigen auf Zusatz einer Säure, durch Bildung eines sauren Salzes bedingt, eine eigenthümlich grünblau schillernde Farbe.

Salzsaures Chinin; bildet sich beim Lösen des Chinins in verdünnter Salzsäure, oder bei Zersetzung des schwefelsauren Chinins mit Chlorbaryum; 18 Th. des ersteren reibt man mit 5 Th. des letzteren und 200 Th. Wasser zusammen, erwärmt das Gemenge einige Stunden und gewinnt das in der vom ausgeschiedenen unlöslichen schwefelsauren Baryt abfiltrirten Lösung enthaltene Salz durch Abdampfen in langen seidenartigen Krystallen. In seinem äußeren Ansehen gleicht das salzsaure Chinin $= C_{40} H_{24} N_2 O_4 . HCl + 3\,HO$ dem schwefelsauren Salz; es ist wie dieses geruchlos, schmeckt sehr bitter, verbrennt beim Erhitzen vollständig, löst sich in 26 Th. kaltem, in gleichen Theilen kochendem Wasser, auch in Weingeist; aber die Lösungen desselben reagiren nicht wie die des schwefelsauren Salzes sauer, sondern neutral. Weder durch Chlorbaryum noch durch Schwefelsäure darf seine Lösung getrübt werden, da es sonst im ersteren Falle mit schwefelsaurem Chinin, im letzteren mit Chlorbaryum verunreinigt sein würde.

Citronensaures Chinin erhält man beim Erhitzen von 1 Th. Citronensäure mit 4 Th. Chinin in 300 Th. Wasser; es sammeln sich in der filtrirten Lösung nach dem Verdunsten und Erkalten nadelförmige Krystalle des Salzes an, die bei sehr mäßiger Temperatur getrocknet werden müssen. Geruchlose, weiße, seidenglänzende, lockere, sehr bitter schmeckende Nadeln, die ihr Krystallwasser theilweise bei 100°, theilweise nicht ohne Zersetzung bei 160 bis 170° verlieren, in noch höherer Temperatur schmelzen, sich entzünden und ohne Rückstand zu hinterlassen verbrennen, sich in 820 Th. kaltem, in 30 Th. kochendem Wasser, in 44 Th. kaltem, in 3 Th. kochendem Weingeist von 85 Proc. lösen.

Citronensaures Eisenoxyd-Chinin, wird als Arzneimittel neuerdings angewandt und leicht erhalten, wenn man 1 Th. citronensaures Chinin mit 4 Th. citronensaurem Eisenoxyd in 50 Th. kochendem Wasser löst und die Lösung bei gelinder Wärme zur Trockne verdunstet. Das Doppelsalz ist eine bräunlichgelbe, abgesprungene Masse, die stark bitter, nicht sehr nach Eisen schmeckt, sich in kaltem, leichter in heißem Wasser, weniger leicht in Weingeist löst.

Man erhält es in Form dünner durchsichtiger Lamellen, indem man eine concentrirte warme Lösung des Salzes mit einem Pinsel auf eine stark erwärmte Glasplatte streicht, wobei das Wasser rasch verdunstet; die dünne Schicht des Salzes kann nach dem Erkalten leicht abgenommen werden.

Gerbsaures Chinin erhält man als gelblich weißen Niederschlag beim Vermischen einer Lösung des schwefelsauren Chinins in verdünnter Schwefelsäure mit Gerbsäurelösung; es erscheint bei starker Vergrößerung krystallinisch, schmeckt anfangs zusammenziehend, hinterher anhaltend bitter, schmilzt in der Hitze, verbrennt vollständig, löst sich in Wasser, leichter in Weingeist.

Baldriansaures oder valeriansaures Chinin. Man erhitzt eine Lösung von 1 Th. Baldriansäure in 180 Th. Wasser mit 3 Th. frisch gefälltem Chinin bis fast zum Kochen, filtrirt, läßt das gelöste Salz auskrystallisiren, zuletzt nach Verdampfen der zurückbleibenden Lösung bei einer 50° nicht übersteigenden Temperatur und trocknet es in mäßiger Wärme. Das baldriansaure Chinin $= C_{40} H_{24} N_2 O_4 . C_{10} H_9 O_3 + 24\,HO$ erscheint in weißen, perlmutterglänzenden, schief rhomboidischen Tafeln oder Nadeln, riecht nach Baldriansäure, schmeckt schwach nach Baldrian, aber stark bitter, wird beim Erwärmen erst zähe, schmilzt dann, verliert Wasser, entzündet sich und verbrennt vollständig. Es löst sich in 110 Th. kaltem, in 40 Th. kochendem Wasser, in 6 Th. kaltem, in gleichen Theilen kochendem Weingeist.

Erkennung und Prüfung des Chinins und seiner Salze. Wie überhaupt die Lösungen der mei-

sten Alkaloide, so geben auch die der Chininsalze mit **Kali**, **Ammoniak** und **kohlensauren Alkalien** weiße Niederschläge des freien Alkaloids, sowohl in neutralen als sauren Lösungen erzeugt auch **doppelt kohlensaures Natron** denselben Niederschlag; charakteristisch aber für Chinin ist sein Verhalten gegen Chlorwasser und Blutlaugensalz und an diesem ist die geringste Menge desselben zu erkennen: Sättigt man seine Lösung mit Chlor und fügt wenig Ammoniak hinzu, so färbt sich die Lösung intensiv grün, fügt man aber der mit Chlor gesättigten Lösung etwas Blutlaugensalzlösung, dann wenige Tropfen Ammoniak zu, so färbt sie sich prächtig roth und erst allmälig schmutzig braun. Um geringe Mengen des Chinins in Lösungen zu entdecken, schlägt man es daraus mit gebrannter Magnesia nieder, erschöpft den Niederschlag mit einem Gemisch von 1 Th. Weingeist und 2 Th. Aether, den von dieser Lösung nach dem Eindampfen bleibenden Rückstand mit Aether, läßt diese Lösung wieder verdunsten, löst den Rückstand in concentrirtem Chlorwasser, setzt zur Lösung etwas Blutlaugensalzlösung, dann einige Tropfen Ammoniak; eine rothe Färbung der Lösung zeigt Chinin an.

Bei dem verhältnißmäßig starken Verbrauch des Chinins, vorzüglich seines schwefelsauren Salzes, ist dieses, wie die übrigen, zumal bei ihrem hohen Preise, sehr häufig absichtlichen Verfälschungen unterworfen, daher eine chemische Prüfung derselben unerläßlich. Am gewöhnlichsten findet sich als Beimengung Gips, Kreide, Schwerspath, Borsäure, Gummi, Zucker, Stärkemehl, Stearinsäure, Salicin, Phloridzin; aber selbst wenn das Chinin nicht absichtlich verfälscht worden ist, kann es mit anderen bei seiner Darstellung auftretenden Substanzen vermischt sein, bei mangelhafter Reinigung mit Cinchonin oder Chinidin, oder von einer dazu verwandten unreinen Thierkohle mit phosphorsaurem Kalk.

Gips, **Kreide**, **Schwerspath** und **phosphorsaurer Kalk** würden beim Lösen des zu prüfenden Chinins in Weingeist zurückbleiben, oder, wie überhaupt unorganische Beimengungen, beim Verbrennen desselben auf Platinblech hinterbleiben; **Borsäure** würde auch beim Verbrennen des Chininsalzes im Rückstande bleiben, sich aber in Weingeist lösen und dieser dann beim Verbrennen eine grüne Flamme zeigen. Die Anwesenheit von **Zucker** würde sich aus dem süßen Geschmacke des mit dem Chinin geschüttelten Wassers, noch sicherer aber ergeben, wenn man das damit verunreinigte Chinin aus seiner Lösung mit Barythydrat fällt, den Niederschlag von Chinin und schwefelsaurem Baryt abfiltrirt, den in der Lösung enthaltenen überschüssigen Baryt mit Kohlensäure als kohlensauren Baryt niederschlägt; ein süßer Geschmack der abfiltrirten Lösung verräth gelösten Zucker. **Gummi**, **Stärkemehl** und **Zucker** veranlassen eine braune Färbung des damit verunreinigten Chinins beim Befeuchten mit concentrirter Schwefelsäure, in der sich reines Chinin farblos löst; Stärkemehl bleibt auch beim Lösen des zu prüfenden Chinins in verdünnter Schwefelsäure zurück und wird durch Jod blau gefärbt, Zucker läßt sich beim Verbrennen des Chinins an seinem eigenthümlichen Geruch erkennen. Auch **Stearinsäure** würde beim Lösen des fraglichen Chinins in verdünnten Säuren zurückbleiben, beim Erwärmen schmelzen, in starker Hitze mit eigenthümlichem Fettgeruch verbrennen. **Salicin** giebt sich durch Röthung zu erkennen, wenn das Chinin oder Chininsalz in kalter concentrirter Schwefelsäure gelöst wird; **Phloridzin** aber würde die Lösung des Chinins in concentrirter Schwefelsäure gelbgrün färben, die Farbe durch Ammoniakgas wieder verschwinden.

Um **Cinchonin** im Chinin zu entdecken, benutzt man die Löslichkeit des letzteren und Unlöslichkeit des ersteren in Aether: 1 Grm. des zu prüfenden Chinins übergießt man in einem langen Glase mit 10 C.-C. Aether, schüttelt das Gemenge, fügt 2 C.-C. zehnprocentiges Ammoniak hinzu; reines Chinin wird sich, ohne Rückstand zu hinterlassen, lösen, das demselben aber etwa beigemischte Cinchonin bleibt ungelöst und scheidet sich an der Berührungsfläche zwischen dem Aether und dem wäßrigen Ammoniak unverändert aus.

Ganz ähnliche Reactionen zeigt das **Chinidin**, nur ist es nicht unlöslich, sondern schwer löslich in Aether; ein chinidinhaltiges Chinin wird sich daher weniger leicht als reines in Aether lösen und wenn sein Chinidingehalt wenigstens 10 Proc. beträgt, so wird sich das Chinidin beim Schütteln mit Aether und Ammoniak an der Berührungsfläche beider wie Cinchonin ausscheiden, in mehr Aether aber lösen und dadurch sich wieder von Cinchonin unterscheiden. Bei Gegenwart von wenig Chinidin wird sich dieses ganz wie Chinin in Aether lösen, die Lösung erstarrt aber dann beim Verdunsten krystallinisch, während sie bei einem Gehalt von Chinin unter denselben Umständen gallertartig gesteht.

Schwanert u. Stohmann.

Chlor.

Atomgewicht 35,5. Symbol Cl.

Das Chlor wurde 1734 von **Scheele** entdeckt und in seinen Eigenschaften studirt. Er betrachtete es der damaligen Anschauungsweise gemäß als eine ihres Phlogistons beraubte Salzsäure und nannte es **dephlogistisirte Salzsäure**.

Durch die Antiphlogistiker bekam es den Namen **oxygenirte Salzsäure**. Als einfacher Körper, als Element wurde das Chlor erst von **Humphry Davy** erkannt, der seine Eigenschaften und Verbindungen näher erforschte und dem neuen Element den Namen **Chlorine**,

von χλωρος grüngelb, nach seiner Farbe, gab. Aus Chlorine wurde in unserer Sprache das abgekürzte Chlor gemacht.

Im freien Zustande kann das Chlor nicht in der Natur vorkommen; mit Metallen zu Chloriden verbunden, namentlich als Chlornatrium findet es sich aber in größten Massen, im Steinsalzlager, im Meerwasser, in vielen Quellen rc.

Darstellung und Eigenschaften. Das Chlor entsteht am einfachsten durch Zersetzung der Salzsäure oder Chlorwasserstoffsäure, indem der Wasserstoff derselben entzogen wird. Läßt man ein Aeq. Mangansuperoxyd auf zwei Aequivalente Salzsäure wirken, so entsteht 1 Aeq. freies Chlor, 1 Aeq. Chlormetall und 2 Aeq. Wasser:

$$\underbrace{MnO_2}_{\text{Mangansuperoxyd.}} + \underbrace{2\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoffsäure.}} = \underbrace{Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{MnCl}_{\text{Manganchlorür.}} + \underbrace{2\,HO.}_{\text{Wasser.}}$$

Läßt man Schwefelsäure, Kochsalz und Mangansuperoxyd auf einander wirken, so wird der ganze Chlorgehalt des Chlornatriums in Freiheit gesetzt, während sich schwefelsaures Manganoxydul und schwefelsaures Natron bildet:

$$MnO_2 + NaCl + 2\,(HO.SO_3)$$
$$= MnO.SO_3 + NaO.SO_3 + Cl + 2\,HO.$$

Oder:

$$\underbrace{MnO_2}_{\text{Mangansuperoxyd.}} + \underbrace{NaCl}_{\text{Chlornatrium.}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure.}}$$

$$= \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\Mn\,Na\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsaures Manganoxydul-Natron.}} + \underbrace{Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{2\,HO.}_{\text{Wasser.}}$$

Da aber Kochsalz durch Schwefelsäure erst bei Glühhitze vollständig zersetzt wird, so wendet man zweckmäßig auf je ein Aeq. Kochsalz 3 Aeq. Schwefelsäure an. Es entsteht dann neutrales schwefelsaures Manganoxydul und saures schwefelsaures Natron neben dem frei werdenden Chlor:

$$MnO_2 + NaCl + 3\,HO.SO_3$$
$$= MnO.SO_3 + NaO.SO_3.HO.SO_3 + Cl + 2\,HO.$$

Oder:

$$\underbrace{2\,MnO_2}_{\text{Mangansuperoxyd.}} + \underbrace{2\,NaCl}_{\text{Chlornatrium.}} + \underbrace{3\left[\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4\right]}_{\text{Schwefelsäure.}}$$

$$= \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\Mn_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsaures Manganoxydul.}} + \underbrace{2\left[\left.\begin{matrix}S_2O_4\\NaH\end{matrix}\right\}O_4\right]}_{\text{Saures schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{4\,HO.}_{\text{Wasser.}}$$

43,6 Th. Mangansuperoxyd, 58,5 Th. Kochsalz und 147 Th. Schwefelsäure würde dieser Gleichung entsprechen und dabei 35,5 Th. Chlor liefern. Da der Braunstein, welcher gewöhnlich zur Chlorbereitung verwandt wird, bei Weitem nicht reines Mangansuperoxyd ist, so wendet man einen Ueberschuß davon an und nimmt 1 Th. Kochsalz, 1 Th. fein gepulverten Braunstein und $2^1/_2$ Th. Schwefelsäure, die vorher mit der Hälfte ihres Gewichts Wasser verdünnt und wieder erkaltet ist. Dieses Gemisch wird in einem langhalsigen Kolben, der durch ein gebogenes Glasrohr mit einer kleinen halb mit Wasser gefüllten Waschflasche verbunden ist, anfangs sehr gelinde erwärmt, wobei das Gas sich reichlich aber ruhig entwickelt; läßt die Entwicklung nach, so erwärmt man etwas stärker, zuletzt bis nahe zum Sieden. Das durch das Waschen von etwas Salzsäure befreite Chlorgas wird durch ein gebogenes Glasrohr abgeleitet und entweder über lauwarmem Wasser in Glocken aufgefangen, oder in die zu seiner Absorption bestimmte Flüssigkeit geleitet. Ueber Quecksilber läßt sich das Chlorgas nicht sammeln, da es schon bei gewöhnlicher Temperatur sich mit dem Quecksilber verbindet. Will man trocknes Chlorgas verwenden, so leitet man es, nachdem es in Wasser gewaschen ist, entweder durch concentrirte Schwefelsäure, oder durch ein mit Chlorcalciumstücken gefülltes Rohr und läßt es dann durch ein Glasrohr am Boden einer getrockneten Flasche ausströmen. Das specifisch schwere Gas verdrängt die Luft und füllt allmälig die ganze Flasche.

Will man das Gas aus Salzsäure und Braunstein entwickeln, so füllt man, nach dem sehr zweckmäßigen Vorschlage von Mohr, einen Kolben bis nahe zum Halse mit erbsengroßen Stücken von Braunstein und fügt dann starke Salzsäure hinzu. Die Entwicklung geht dabei ungemein leicht und bei gelindem Erwärmen von Statten; das Gas wird fast absolut ohne Beimischung von Salzsäuregas gewonnen, weil letzteres jedenfalls in den oberen Theilen des Kolbens mit Braunstein vielfach in Berührung kommt und dort zersetzt wird. Nach beendigter Entwicklung wird die Lösung von Manganchlorür abgegossen, der Kolben mit Wasser gefüllt und der zurückbleibende Braunstein abgewaschen und kann dann für spätere Benutzung zurückgestellt werden.

Die Apparate zur Entwicklung von großen Massen Chlor sind im nächsten Artikel Chlorkalk beschrieben.

Das Chlor ist ein Gas von grünlichgelber Farbe und schon in geringen Mengen von durchdringendem, zum Husten stark reizendem Geruch. In größeren Quantitäten eingeathmet, bewirkt es starke Reizungen der Schleimhäute, Erbrechen, Blutspeien und endlich Erstickung. Man hat sich daher vor dem Einathmen ängstlich zu schützen und nimmt alle Arbeiten mit diesem Gase am besten im Freien vor. Das beste Mittel, um sich gegen das Gas zu schützen, ist ein mit Weingeist getränkter Schwamm, den man vor Mund und Nase bindet. Hat man schon von dem Gase gelitten, so lindert das Einathmen von heißem Wasserdampfe, einer Chamillenblumenabkochung und, nach Bolley, Anilindampf den Reiz auf die Schleimhäute. Am meisten ist man der Gefahr der Einathmung des Gases ausgesetzt, wenn nicht alle Verbindungsstellen der Gefäße durchaus luftdicht schließen, es kann daher auf die Auswahl guter Körke und auf vorsichtige Durchbohrung derselben nicht Sorgfalt genug verwandt werden. Ein und denselben Kork sollte man bei Chlorentwicklungsapparaten nie zweimal anwenden, da die Korksubstanz immer vom Chlor angegriffen wird, wodurch sie zuerst erweicht und dann nicht mehr dicht schließt. Um die Anwendung von großen Körken möglichst zu umgehen, kann man auch eine tubulirte Retorte benutzen, deren etwas nach

aufwärts gerichteter Hals so eng ist, daß er mittelst eines Kautschukrohrs mit der zur Waschflasche führenden Glasröhre unmittelbar verbunden werden kann. Das Kautschuk wird vom Chlor nur wenig angegriffen, man kann daher für alle Verbindungen sehr gut die jetzt überall im Handel von verschiedenen Größen zu habenden durchbohrten Kautschukstöpsel anwenden. Bei den meisten Verwendungen des Gases ist es thunlich, den Ueberschuß desselben zu beseitigen, indem man ihn von Kalkmilch absorbiren läßt; es ist dies weit zweckmäßiger, als wenn man ihn, selbst unter freiem Himmel, entweichen läßt.

Das Chlorgas ist bedeutend schwerer als die atmosphärische Luft, sein specifisches Gewicht ist, nach Bunsen, 2,4482; 1 Liter davon wiegt 3,170 Grm. Durch Abkühlung und Compression läßt es sich zu einer Flüssigkeit verdichten. Nach Niemann ist bei 0° ein Druck von 6 Atmosphären, bei $12\frac{1}{2}$° C. ein Druck von $8\frac{1}{2}$ Atmosphären dazu erforderlich. Das comprimirte Chlor bildet dann eine gelbe, dünne Flüssigkeit von 1,33 spec. Gew. Leicht läßt sich das flüssige Chlor darstellen, indem man krystallisirtes Chlorhydrat (s. unten) durch Pressen zwischen kaltem Papier trocknet und es dann in eine Röhre von böhmischem Glase einschmilzt und diese auf etwa 30° C. erwärmt. Das Chlorhydrat wird dabei zersetzt, das Chlor, welches nicht entweichen kann, verdichtet sich durch seinen eignen Druck und sinkt dann im Wasser unter. Bei der Compression des Chlors, wie aller Gase, hat man sehr darauf zu achten, daß man dabei Röhren von sehr gutem böhmischem Glase anwendet, daß diese Röhren überall von gleicher Wandstärke seien, und endlich daß sie sehr sorgfältig beim Zuschmelzen behandelt werden; man erhitzt dabei das Glas so stark, daß die Wände an der betreffenden Stelle fast von selbst zusammenfallen, jedenfalls darf das Glas dabei nicht durch Ausziehen zu stark verdünnt werden; auch muß man sehr langsam erkalten lassen, indem man die heiße Stelle nur nach und nach aus der Flamme der Blaselampe entfernt und sie schließlich sich mit einer dicken Rußschicht bedecken läßt. Nur dadurch ist man gesichert, heftige und gefährliche Explosionen zu vermeiden. Die das flüssige Chlor und Wasser enthaltenden Röhren müssen außerdem im Dunklen aufbewahrt und möglichst selten an das Licht gebracht werden, weil unter dem Einfluß des Sonnenlichts Wasser vom Chlor zersetzt und Sauerstoff frei gemacht wird; der Sauerstoff ist nicht verdichtbar und würde dann anscheinend ohne alle äußere Veranlassung die Röhren durch seinen gewaltigen Druck zertrümmern.

Mit allen metallischen und nicht metallischen Elementen verbindet sich das Chlor, von allen macht das Fluor hierin die einzige Ausnahme. Fein vertheiltes Antimon, Arsen, Zink verbindet sich bei gewöhnlicher Temperatur mit Chlorgas unter Feuererscheinung. Schüttet man solches Metallpulver in ein mit Chlorgas gefülltes Gefäß, so verwandeln sie sich augenblicklich unter Verbreitung eines sprühenden Feuerregens und Ausstoßung weißer Rauchwolken in die entsprechenden Chloride. Die Affinität des Chlors zu manchen Elementen ist demnach noch weit größer als die des Sauerstoffs. Andere Metalle verbinden sich bei gelindem Erwärmen mit dem Chlor. Oxyde werden zum Theil direct beim Glühen in Chlorgas in Chloride verwandelt, andere unter Mitwirkung von Kohle. Kalk in Chlorgas geglüht, giebt Sauerstoff ab und wird zu Chlorcalcium; Eisenoxydul giebt ein Gemenge von Eisenchlorür und Eisenoxyd; Thonerde mit Kohle gemischt giebt Chloraluminium; Kieselsäure und Kohle giebt Chlorsilicium.

Gleiche Volume Chlorgas und Wasserstoff gemischt, verhalten sich im Dunklen und im zerstreuten Tageslicht indifferent; sobald aber ein directer Sonnenstrahl das Gefäß trifft, findet Verbindung unter heftiger Explosion Statt. Ebenso bewirkt ein glühender Körper, oder ein elektrischer Funken sofort die Explosion.

Entzündet man ein Gemisch von leichtem Kohlenwasserstoffgas, Sumpfgas $C_4\,H_2$ und Chlorgas, so verbrennt es mit grünlicher Flamme unter Bildung von Salzsäure und unter Verbreitung einer schwarzen Wolke von abgeschiedener Kohle.

Chlorgas zersetzt und zerstört alle pflanzlichen und thierischen Stoffe, indem theils Substitutionsproducte gebildet werden, in denen das Chlor unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure Wasserstoff ausscheidet und an seine Stelle tritt; theils indem unter Abscheidung von Wasser aus den Bestandtheilen der Stoffe Sauerstoff frei wird, der dann zu der zersetzenden Wirkung des Chlors noch seine eigene oxydirende hinzufügt.

Die Anwendung des Chlors zur Zerstörung von Farbstoffen und zum Bleichen der Gewebsfasern beruht auf diesen Zersetzungen. (Vergl. S. 1022.)

Das Chlorgas ist in kaltem Wasser löslich. Leitet man es in stark abgekühltes Wasser, in Wasser, welches in einem mit Eis umgebenen Gefäß enthalten ist, so scheidet sich eine Verbindung von Chlor mit Wasser, Chlorhydrat $Cl \cdot 10\,HO$, in kleinen Krystallen ab. Diese sind aber nur bei wenigen Graden über dem Gefrierpunkt beständig und zerfallen bei gelindem Erwärmen in Chlor und Wasser (s. oben). Das mit Chlor gesättigte Wasser ist das sogenannte Chlorwasser, Aqua chlori, Aqua oxymuriatica. 1 Vol. Wasser absorbirt bei verschiedenen Temperaturen folgende Volume Chlorgas:

Temperatur. Grad.	Nach Pelouze.	Nach Gay-Lussac.
0	1,75 — 1,80	1,43
6,5	—	2,08
8	—	3,04
10	2,75	3,00
12	2,55	—
17	—	2,37
30	2,00 — 2,10	—
35	—	1,61
40	1,55 — 1,60	—
50	1,15 — 1,20	1,19
70	0,60 — 0,65	0,71
100	—	0,15

Die Sättigung des Wassers mit dem Chlor geschieht am besten, indem man das gewaschene Gas in raschem Strome in eine mit Glasstöpsel versehene, halb mit kaltem Wasser gefüllte Flasche leitet und nach kurzer Zeit, sobald man bemerkt, daß Gas unabsorbirt entweicht, die Flasche mit einer anderen vertauscht. Der Raum über dem Wasser ist dann mit Chlorgas gefüllt, man setzt den Stöpsel auf und schüttelt kräftig um, wo-

durch das Gas vom Wasser aufgenommen wird. In Folge des Luftdrucks wird der Stöpsel, so lange nicht völlige Sättigung des Wassers eingetreten ist, mit ziemlicher Gewalt festgehalten, man kann ihn aber durch Drehen und Ziehen meist ohne Schwierigkeit öffnen. Während des Schüttelns wird sich Chlorgas genug in der zweiten Flasche angesammelt haben, man vertauscht dann beide und wiederholt das abwechselnde Einleiten und Schütteln so lange, bis sich beim Oeffnen der Flasche kein Druck mehr auf den Stöpsel wahrnehmen läßt. Nach vollendeter Sättigung füllt man den Inhalt der beiden Flaschen am besten in mehrere kleine über und bewahrt das Chlorwasser im Dunklen auf, weil das Chlor im Tageslicht allmälig das Wasser zersetzt. In Flaschen mit Korkstöpseln darf Chlorwasser nicht bewahrt werden, weil die Korksubstanz vom Chlor zersetzt wird.

Chlorwasserstoff HCl, **Chlorwasserstoffsäure**, **Salzsäure**, bildet sich durch directe Verbindung der beiden Elemente im Sonnenschein oder durch Entzündung der Gase, durch Einwirkung von Chlor auf organische Substanzen, durch Zersetzung der Chlormetalle. Die Chlorwasserstoffsäure ist ein farbloses, aber höchst durchdringend sauer riechendes und schmeckendes Gas, bei einem Druck von 40 Atmosphären zur Flüssigkeit verdichtbar, schwerer als die atmosphärische Luft, spec. Gew. = 1,25; in Wasser sehr leicht und reichlich löslich.

Man stellt die Chlorwasserstoffsäure dar, indem man Kochsalz durch Schwefelsäure zersetzt:

$$NaCl + HO.SO_3 = NaO.SO_3 + HCl.$$

Oder:

$$\underbrace{2\,NaCl}_{\text{Chlornatrium.}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\Na_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{2\,HCl.}_{\text{Chlorwasserstoff.}}$$

Mischt man 1 Aeq. Kochsalz mit 1 Aeq. Schwefelsäure, so findet anfangs stürmische Gasentwicklung Statt; nach und nach wird das Gemenge breiartig, die Entwicklung läßt nach und muß durch Erwärmung unterstützt werden, wobei leicht Ueberschäumen der zähen Masse eintritt. Allmälig wird die Entwicklung immer schwächer, bis sie zuletzt ganz aufhört. Untersucht man den Rückstand im Destillationsgefäß in dieser Periode, so findet man, daß nur gerade die Hälfte des Kochsalzes zersetzt ist, indem sich bei mäßigem Erhitzen von gleichen Aequivalenten Kochsalz und Schwefelsäure nicht, wie oben angegeben ist, neutrales, sondern saures schwefelsaures Natron bildet, während die Hälfte des Kochsalzes unzersetzt bleibt:

$$2\,NaCl + 2\,HO.SO_3$$
$$= (NaO.SO_3 + HO.SO_3) + NaCl + HCl.$$

Oder:

$$\underbrace{2\,NaCl}_{\text{Chlornatrium.}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Schwefelsäure.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\NaH\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Saures schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{NaCl}_{\text{Kochsalz.}} + \underbrace{HCl.}_{\text{Chlorwasserstoff.}}$$

Steigert man dann die Hitze bis zum Glühen, so tritt eine zweite Reaction ein, das saure schwefelsaure Natron wirkt auf das unzersetzt gebliebene Kochsalz, so daß man schließlich doch nur die beiden Endproducte, neutrales schwefelsaures Natron und Salzsäure erhält:

$$(NaO.SO_3 + HO.SO_3) + NaCl = 2\,NaO.SO_3 + HCl.$$

Oder:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\NaH\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Saures schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{NaCl}_{\text{Kochsalz.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\Na_2\end{matrix}\right\}O_4}_{\text{Neutrales schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{HCl.}_{\text{Chlorwasserstoff.}}$$

Bei der Darstellung der Salzsäure in großem Maßstabe, wo man das Gemenge von saurem schwefelsaurem Natron und Kochsalz in eignen Flammöfen glühen kann, wählt man das Mischungsverhältniß nach gleichen Aequivalenten. Arbeitet man aber mit Glasgefäßen, so nimmt man doppelt so viel Schwefelsäure, also auf 1 Aeq. oder 58,5 Th. Kochsalz 2 Aeq. oder 98 Th., oder 2 Th. Kochsalz und $3\frac{1}{2}$ Th. concentrirte Schwefelsäure, der man vorher 1 Th. Wasser zugesetzt hat. Durch den Wassergehalt der Säure erreicht man den Vortheil, daß der Inhalt des Zersetzungsgefäßes flüssiger wird und weniger schäumt.

Will man die Salzsäure als trocknes Gas verwenden, so leitet man die Dämpfe zunächst durch eine mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Waschflasche und dann noch durch ein Chlorcalciumrohr. Man fängt das Gas in sehr trocknen Gefäßen über Quecksilber auf, oder leitet es bis auf den Boden von Flaschen und läßt es die darin enthaltene Luft vermöge seines höheren specifischen Gewichts verdrängen.

In den meisten Fällen wendet man die Salzsäure in Form von wäßrigen Lösungen an, welche man erhält, indem man das Gas in Wasser leitet, von dem es begierig verschluckt wird. Als Zersetzungsgefäß wendet man entweder einen Kolben oder eine tubulirte Retorte an, verbindet diese mit einer etwas Wasser enthaltenden Waschflasche und leitet das Gas aus dieser in eine andere, höchstens bis zu drei Viertel mit Wasser gefüllte Flasche, welche in einem mit kaltem Wasser und Eis gefüllten Eimer steht. Man bringt zunächst das Kochsalz in den Kolben oder die Retorte, stellt alsdann den ganzen Apparat zusammen und gießt endlich die Schwefelsäure ein, nachdem man dieselbe vorher mit der erforderlichen Menge Wasser verdünnt und wieder erkalten lassen hat. Es entwickelt sich sofort eine gewisse Menge des Gases, man muß deshalb gleich nach dem Zusatz der Säure den Apparat verschließen. Bei gelinder Erwärmung, die mittelst eines Gaskochofens oder mittelst eines kleinen Kohlenofens vorgenommen werden kann, geht die Entwicklung leicht und ruhig von Statten. Zuerst wird das Wasser in der Waschflasche gesättigt, nachdem dieses geschehen ist, geht das Gas in die Absorptionsflasche und wird hier momentan vom Wasser aufgenommen. Die Absorption ist so energisch, daß das Gas in sehr heftigem Strome eingeleitet werden kann und dennoch kaum mit dem Wasser in Berührung zu sein braucht. Aus diesem Grunde kann man das Glasrohr so kurz machen, daß es nicht mehr als etwa einen Centimeter tief in die Flüssigkeit eintaucht, wodurch der im Apparate zu überwindende Druck sehr ver-

ringert wird und weniger Undichtheit der Korkfugen zu fürchten ist. Hat man nicht sehr gute Körke zu seiner Verfügung, so überstreicht man dieselben mit einem Brei von Leinsamenmehl und Wasser und läßt diesen vor dem Erhitzen abtrocknen und erhärten.

Die Zersetzung des Kochsalzes kann man als beendigt betrachten, sobald mit dem Salzsäuregas viel Wasserdämpfe übergehen, wenn also die Waschflasche sich stark erwärmt. Man öffnet dann den Kork der Waschflasche und den Stöpsel der Retorte oder den Kork des Kolbens, um beim Erkalten des Apparats ein durch die Verdichtung der Wasserdämpfe bewirktes Zurücksteigen der Säure aus der Absorptionsflasche zu verhüten.

Das in dem Entwicklungsgefäß zurückbleibende saure schwefelsaure Natron kann man entweder, so lange es noch heiß und geschmolzen ist, ausgießen, oder es erkalten lassen und dann in warmem Wasser lösen.

Bei der Darstellung reiner Salzsäure sollte man reine Schwefelsäure anwenden, oder doch wenigstens solche, die frei von Arsen ist, weil widrigenfalls alles Arsen in die Salzsäure übergehen würde. Durch organische Substanzen braun gefärbte Schwefelsäure muß ebenfalls verworfen werden, weil die organischen Substanzen in der Wärme die Schwefelsäure zersetzen und schweflige Säure bilden, welche ebenfalls die Salzsäure verunreinigt.

Die reine Salzsäure ist eine wasserhelle Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht je nach ihrem Gehalt an wasserfreier Säure variirt. Die sehr concentrirte Säure läßt schon bei gewöhnlicher Temperatur Salzsäuregas entweichen und raucht deshalb an der Luft. Bei einem specifischen Gewicht von 1,190 beginnt sie bei 60° zu sieden, es entweicht dann aber fast nur Gas, während die Temperatur der Flüssigkeit allmälig auf 110° C. steigt und hier constant bleibt. Bei 110° destillirt eine Säure, welche 1,104 spec. Gew. hat und 20 Proc. wasserfreie Salzsäure enthält. Schwache Salzsäure beginnt beim Siedpunkt des Wassers zu kochen, es entweicht dann aber im Wesentlichen nur Wasserdampf und die zurückbleibende Säure wird concentrirter. Nach und nach steigt der Siedpunkt auf 110° und dann destillirt die Säure unzersetzt, das Destillat ist dasselbe, wie aus der concentrirten Säure, es hat bei 15° C. ein specifisches Gewicht von 1,104.

Soll die Säure zum medicinischen Gebrauch dienen, so muß sie auf das von den verschiedenen Pharmakopöen vorgeschriebene specifische Gewicht gebracht werden. Man ermittelt zunächst mittelst des Aräometers das specifische Gewicht der gesättigten Flüssigkeit und fügt dann so viel Wasser zu, bis das Aräometer die gewünschte Stärke nachweist. Die einzelnen Pharmakopöen verlangen die specifischen Gewichte von 1,120, 1,130, 1,150, 1,175, 1,190, denen die Gehalte von 24,4, 26,5, 30,5, 35,2, 38,5 Proc. wasserfreier Säure entsprechen; man hat daher sich genau nach den Angaben der Pharmakopöen zu richten.

Die folgende Tabelle zeigt den Gehalt der Salzsäure bei verschiedenen specifischen Gewichten.

Specifisches Gewicht der wäßrigen Salzsäure nach Ure.

Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.
1,2000	40,777	1,1328	26,913	1,0637	13,049
1,1982	40,369	1,1308	26,505	1,0617	12,641
1,1964	39,961	1,1287	26,098	1,0597	12,233
1,1946	39,554	1,1267	25,690	1,0577	11,824
1,1928	39,146	1,1247	25,282	1,0557	11,418
1,1910	38,738	1,1226	24,874	1,0537	11,010
1,1893	38,330	1,1206	24,466	1,0517	10,602
1,1875	37,923	1,1185	24,088	1,0497	10,194
1,1859	37,516	1,1164	23,650	1,0477	9,768
1,1846	37,108	1,1143	23,242	1,0457	9,379
1,1822	36,700	1,1123	22,834	1,0437	8,971
1,1802	36,292	1,1102	22,426	1,0417	8,563
1,1782	35,884	1,1082	22,019	1,0397	8,155
1,1762	35,476	1,1061	21,611	1,0377	7,747
1,1741	35,068	1,1041	21,203	1,0357	7,340
1,1721	34,660	1,1020	20,796	1,0337	6,932
1,1701	34,252	1,1000	20,288	1,0318	6,524
1,1681	33,845	1,0980	19,980	1,0298	6,116
1,1661	33,437	1,0960	19,572	1,0279	5,709
1,1641	33,029	1,0939	19,165	1,0259	5,301
1,1620	32,621	1,0919	18,757	1,0239	4,893
1,1599	32,213	1,0899	18,349	1,0220	4,486
1,1578	31,805	1,0879	17,941	1,0200	4,078
1,1557	31,398	1,0859	17,534	1,0180	3,670
1,1536	30,990	1,0838	17,126	1,0160	3,262
1,1515	30,582	1,0818	16,718	1,0140	2,854
1,1494	30,174	1,0798	16,310	1,0120	2,447
1,1473	29,767	1,0778	15,902	1,0100	2,039
1,1452	29,359	1,0758	15,494	1,0080	1,631
1,1431	28,951	1,0738	15,087	1,0060	1,224
1,1410	28,544	1,0718	14,679	1,0040	0,816
1,1389	28,136	1,0697	14,271	1,0020	0,408
1,1369	27,728	1,0677	13,363		
1,1349	27,321	1,0657	13,456		

Die Darstellung der Salzsäure im Großen wird bei der Sodafabrikation, in Art. Natrium, beschrieben werden, da sie als Nebenproduct bei der Bereitung des Glaubersalzes gewonnen wird.

Chlorsäuren. Chlor vereinigt sich nicht direct mit Sauerstoff. Es lassen sich jedoch indirect eine Reihe von Verbindungen darstellen, von denen mehrere wohlcharakterisirte Säuren sind und zum Theil beständige Salze bilden, während die übrigen wieder Verbindungen der Oxydationsstufen unter einander sind. Die Säuren sind, soweit sie wenigstens bis jetzt studirt sind, sämmtlich einbasisch. Werden sie aus ihren Salzen abgeschieden oder unmittelbar gebildet, so treten sie meistens als Anhydride auf, die sich durch große Zersetzbarkeit auszeichnen. Die Hydrate der wasserfreien Säuren sind bislang noch nicht dargestellt, man muß daher die Formel der Säurehydrate aus der Zusammensetzung der Salze ableiten. Die Verbindungen des Chlors mit Sauerstoff sind folgende:

Unterchlorige Säure .... $ClO = \left.\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix}Cl\\H\end{matrix}\right\} O_2$.

Chlorige Säure .... $ClO_3 = \left.\begin{matrix}ClO_2\\ClO_2\end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix}ClO_2\\H\end{matrix}\right\} O_2$.

Unterchlorsäure oder chlorsaure chlorige Säure	$ClO_4 = ClO_3 . ClO_5 = \left.\begin{matrix}ClO_2\\ ClO_4\end{matrix}\right\} O_2$.
Chlorsäure	$ClO_5 = \left.\begin{matrix}ClO_4\\ ClO_4\end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix}ClO_4\\ H\end{matrix}\right\} O_2$.
Ueberchlorsäure	$ClO_7 = \left.\begin{matrix}ClO_6\\ ClO_6\end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix}ClO_6\\ H\end{matrix}\right\} O_2$.
Chlorochlorsäure, zweifach chlorsaure chlorige Säure	$Cl_3O_{13} = ClO_3 . 2\,ClO_5 = \left[\left.\begin{matrix}ClO_4\\ ClO_4\end{matrix}\right\} O_2 + 2\left(\left.\begin{matrix}ClO_2\\ ClO_4\end{matrix}\right\} O_2\right)\right]$
Chlorüberchlorsäure, zweifach überchlorsaure chlorige Säure	$Cl_3O_{17} = ClO_3 . 2\,ClO_7 = \left[\left.\begin{matrix}ClO_6\\ ClO_6\end{matrix}\right\} O_2 + 2\left(\left.\begin{matrix}ClO_2\\ ClO_6\end{matrix}\right\} O_2\right)\right]$

Man kann daher die Unterchlorsäure betrachten als bestehend aus 1 At. Chlorsäureanhydrid, in welchem 1 Molekül ClO_4 durch ClO_2 vertreten ist; ebenso die Chlorochlorsäure als 3 At. Chlorsäureanhydrid, in welchem 2 Mol. ClO_4 durch 2 Mol. ClO_2 vertreten sind; endlich die Chlorüberchlorsäure als 3 At. Ueberchlorsäureanhydrid, in welchem 2 Mol. ClO_2 2 Mol. ClO_6 ersetzen.

Unterchlorige Säure bildet sich, indem man Quecksilberoxyd mit Chlorwasser schüttelt, es entsteht unlösliches Quecksilberoxychlorid und verdünnte wäßrige unterchlorige Säure, die sich durch Destillation wohl concentriren läßt, aber dabei zum Theil in Chlor und in Chlorsäure verwandelt wird. Leitet man Chlorgas in verdünnte und kaltgehaltene Kalilösung, so entsteht neben Chlorkalium unterchlorigsaures Kali:

$$2\,KO + 2\,Cl = KO . ClO + KCl.$$

Oder:

$$\underbrace{2\,KO}_{\text{Kali.}} + \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\ K\end{matrix}\right\} O_2}_{\text{Unterchlorigsaures Kali.}} + \underbrace{KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Setzt man das Einleiten des Chlors längere Zeit fort, als zur Bildung des unterchlorigsauren Kalis erforderlich ist, so wird dieses in chlorsaures Kali verwandelt; chlorsaures Kali bildet sich ebenfalls sofort, wenn Chlorgas in concentrirte oder heiße Kalilösung geleitet wird.

Leitet man Chlorgas in eine Lösung von kohlensaurem Kali, so bildet sich zuerst unterchlorigsaures Kali, Chlorkalium und saures kohlensaures Kali:

$$4\,KO . CO_2 + 2\,Cl + 2\,HO$$
$$= 2\,(KO . CO_2 + HO . CO_2) + KO . ClO + KCl$$

Oder:

$$\underbrace{2\left(\left.\begin{matrix}C_2O_2\\ K_2\end{matrix}\right\} O_4\right)}_{\text{Kohlensaures Kali.}} + \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{2\,HO}_{\text{Wasser.}}$$
$$= \underbrace{2\left(\left.\begin{matrix}C_2O_2\\ KH\end{matrix}\right\} O_4\right)}_{\text{Saures kohlensaures Kali.}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\ K\end{matrix}\right\} O_2}_{\text{Unterchlorigsaures Kali.}} + \underbrace{KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Läßt man dann Chlor weiter einwirken, so wird das saure kohlensaure Kali zersetzt, indem Kohlensäure und Wasser frei werden und unterchlorigsaures Kali und Chlorkalium gebildet werden:

$$2\,(KO . CO_2 + HO . CO_2) + 2\,Cl$$
$$= KO . ClO + KCl + 4\,CO_2 + 2\,HO.$$

Oder:

$$\underbrace{2\left(\left.\begin{matrix}C_2O_2\\ KH\end{matrix}\right\} O_4\right)}_{\text{Saures kohlensaures Kali.}} + \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\ K\end{matrix}\right\} O_2}_{\text{Unterchlorigsaures Kali.}}$$
$$+ \underbrace{KCl}_{\text{Chlorkalium.}} + \underbrace{\left.\begin{matrix}C_2O_2\\ C_2O_2\end{matrix}\right\} O_4}_{\text{Kohlensäure.}} + \underbrace{2\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

Leitet man nochmals Chlor zu, so wird auch das unterchlorigsaure Kali zersetzt und es entsteht freie unterchlorige Säure und Chlorkalium:

$$KO . ClO + 2\,Cl = 2\,ClO + KCl.$$

Oder:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\ K\end{matrix}\right\} O_2}_{\text{Unterchlorigsaures Kali.}} + \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\ Cl\end{matrix}\right\} O_2}_{\text{Unterchlorige Säure.}} + \underbrace{KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Als Endproduct der Einwirkung des Chlors auf kohlensaures Kali behält man demnach in der Lösung nur Chlorkalium und unterchlorige Säure. Die Reaction findet aber auch nur in dieser Weise Statt, wenn die Lösung kalt und verdünnt ist; in concentrirten und heißen Lösungen bildet sich sofort chlorsaures Kali.

Die unterchlorigsauren Salze haben in sofern technische Wichtigkeit, als sie die Eigenschaft haben, leicht Chlor abzugeben, und so zum Bleichen dienen. Der Chlorkalk und die Javellische Lauge sind unterchlorigsaurer Kalk und unterchlorigsaures Natron; der Chlorkalk wird im nächsten Artikel, das unterchlorigsaure Natron im Artikel **Natrium** beschrieben werden.

Die wasserfreie unterchlorige Säure oder das Unterchlorigsäure-Anhydrid erhält man, indem man Chlorgas über gefälltes Quecksilberoxyd leitet, welches vorher auf 300° C. erhitzt war und wieder abgekühlt ist. Die Säure verflüchtigt sich dabei als röthlich gelbes Gas von 2,970 spec. Gew., welches in trocknen Gläsern aufgefangen wird. Bei niedriger Temperatur verdichtet es sich zu einer rothen Flüssigkeit, die schon bei — 19° C. siedet und sich ungemein leicht unter Explosion zersetzt. Wasser löst etwa das Zweihundertfache seines Volums von dem Gase.

Chlorige Säure bildet sich, indem man chlorsaures Kali und Salpetersäure mit reducirenden Substanzen, arseniger Säure, Zucker oder anderen organischen Stoffen, als Weinsäure 2c. ganz gelinde erwärmt. Die wasserfreie chlorige Säure ist ein nicht verdichtbares grünlich gelbes Gas von 2,64 bis 2,66 spec. Gew. Wasser löst das Zehnfache seines Volums. Das Gas explodirt, wenn man es auf 57° C. erwärmt, manche leicht oxydirbare

Körper, wie Schwefel, Phosphor, Arsen bringen schon bei gewöhnlicher Temperatur Explosionen hervor.

Durch Neutralisation der wäßrigen Säure mit Basen erhält man die chlorigsauren Salze, welche sämmtlich in Wasser löslich sind.

Unterchlorsäure entsteht als gelbes Gas, wenn man chlorsaures Kali mit Schwefelsäure destillirt. Die Bereitung ist äußerst gefährlich, da leicht heftige Explosionen dabei eintreten. Das Gas wird durch Kälte zu einer Flüssigkeit von 1,5 spec. Gew. condensirt, die bei 20° C. anfängt zu sieden und bei 60° C. heftig explodirt. Alle leicht verbrennlichen Stoffe werden durch das Gas augenblicklich entzündet. Die früher üblichen Zündhölzer hatten einen Kopf von chlorsaurem Kali und Zucker, wurden diese in ein beigegebenes Fläschchen mit Schwefelsäure getaucht, so entzündete das freiwerdende Gas, die Unterchlorsäure, den Zucker und dieser übertrug die Verbrennung auf den Schwefel. Die sogenannte Unterchlorsäure ist, wie oben erwähnt, eine Verbindung von Chlorsäure mit chloriger Säure, sie kann daher keine unterchlorsauren Salze bilden, sondern giebt bei der Neutralisation mit Alkalien Gemenge von chlorsauren und chlorigsauren Salzen.

Chlorsäure entsteht, wenn Chlorgas in eine concentrirte und warme Lösung von Kali geleitet wird, neben Chlorkalium bildet sich chlorsaures Kali:

$$6KO + 6Cl = KO.ClO_5 + 5KCl.$$

Oder:

$$\underbrace{6\,KO}_{\text{Kali.}} + \underbrace{6\,Cl}_{\text{Chlor.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}ClO_4\\K\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Chlorsaures Kali.}} + \underbrace{5\,KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Es ist weder das Anhydrid noch das wasserfreie Hydrat der Chlorsäure bekannt, in reinem Zustande ist sie nur in verdünnter Lösung darstellbar. Nach Böttger löst man 7 Th. krystallisirtes kohlensaures Natron und $7\frac{1}{2}$ Th. Weinsäure in 24 Th. kochendem Wasser und versetzt mit einer kochenden Lösung von 6 Th. chlorsaurem Kali in 16 Th. Wasser. Beim Erkalten krystallisirt saures weinsaures Kali aus und chlorsaures Natron bleibt in der Lösung, welche man abfiltrirt und mit einer Lösung von 6 Th. Oxalsäure in 18 Th. Wasser mischt, in einer Kältemischung das saure oxalsaure Natron auskrystallisiren läßt und dann die wäßrige Chlorsäure abfiltrirt. In concentrirterer Form kann man sie erhalten, indem man die Flüssigkeit mit kohlensaurem Baryt neutralisirt, verdampft und den chlorsauren Baryt krystallisiren läßt. Diesen löst man in wenig Wasser und fügt genau die zur Abscheidung des Baryts erforderliche Menge Schwefelsäure hinzu. Die wäßrige Lösung der Säure kann bei einer 40° C. nicht erreichenden Temperatur verdampft werden, bei höherer Temperatur zerfällt sie in Chlorgas, Sauerstoff, während Ueberchlorsäure zurückbleibt. Die Chlorsäure oxydirt äußerst leicht alle verbrennbaren Körper. Papier mit einer Lösung derselben getränkt entzündet sich an der Luft. Die reine Säure explodirt nicht, ihre Salze aber explodiren leicht, wenn sie mit verbrennlichen Körpern, Zucker, Schwefel rc., gemischt und durch Schlagen erschüttert werden. Die chlorsauren Salze sind sämmtlich in Wasser leicht löslich. Das chlorsaure Kali (s. Kalium) wird fabrikmäßig dargestellt.

Ueberchlorsäure entsteht durch Zersetzung der Chlorsäure. Erhitzt man chlorsaures Kali zum Schmelzen, so entwickelt sich reines Sauerstoffgas, nach und nach läßt die Entwicklung nach, die Masse wird teigartig und enthält nun neben Chlorkalium nur noch überchlorsaures Kali. Man löst in möglichst wenig kochendem Wasser, läßt das überchlorsaure Kali in der Kälte auskrystallisiren und befreit es durch mehrmalige Umkrystallisation von anhängendem Chlorkalium. 10 Th. des reinen Salzes werden fein zerrieben und mit einer kalten Mischung von 20 Th. reiner Schwefelsäure und 2 Th. Wasser in einer Retorte übergossen. Man destillirt bei möglichst gelinder Wärme, ohne den Inhalt der Retorte ins Kochen kommen zu lassen; man mischt das Destillat mit schwefelsaurem Silberoxyd, um es von Chlor zu befreien, gießt vom ausgeschiedenen Chlorsilber ab und destillirt nochmals über eine geringe Menge kohlensauren Baryt, welcher die Schwefelsäure fortnimmt. Das erste Destillat ist reines Wasser, später geht concentrirte Ueberchlorsäure über, die man auf diese Weise bis zu einem specifischen Gewicht von 1,820 bringen kann. Man kann sie noch concentrirter erhalten, wenn man sie mit ihrem 4= bis 5fachen Gewicht concentrirter Schwefelsäure mischt und destillirt. Sie wird dabei allerdings zum großen Theil in Chlor und Sauerstoff zersetzt, das Uebrige erstarrt im Retortenhalse oder in der Vorlage zu einer weißen, asbestartigen, krystallinischen Masse, die bei 45° C. schmilzt.

Die Ueberchlorsäure ist die stärkste aller Chlorsäuren, Zink und Eisen lösen sich darin unter Wasserstoffentwicklung, mit Basen bildet sie wohlkrystallisirbare in Wasser lösliche Salze.

Chlorochlorsäure ist das von Davy Euchlorine genannte gelbe Gas, welches sich bei gelindem Erwärmen von chlorsaurem Kali und Salzsäure entwickelt. Mit Alkalien in Berührung bildet es 2 At. chlorsaures und 1 At. chlorigsaures Salz. Das Gas wird durch Abkühlung zu einer Flüssigkeit verdichtet, welche bei 32° C. siedet und bei 70° C. explodirt.

Chlorüberchlorsäure entsteht aus der chlorigen Säure, wenn man das Gas derselben längere Zeit dem zerstreuten Tageslicht aussetzt und dabei die Gefäße, worin es enthalten ist, beständig kühl hält. Sie bildet eine braune Flüssigkeit, die sich mit Kali in 2 At. überchlorsaures und 1 At. chlorigsaures Kali zersetzt.

Bestimmung des Chlors. Die Bestimmung des Chlors in allen löslichen Chloriden ist einfach und leicht und mit größter Schärfe ausführbar. Sie gründet sich auf die absolute Unlöslichkeit des Chlorsilbers in Wasser und Säuren. Die Lösung wird mit Wasser verdünnt, mit etwas Salpetersäure vermischt, bis nahe zum Sieden erhitzt und dann salpetersaures Silberoxyd zugefügt. Es bildet sich sofort ein weißer Niederschlag von Chlorsilber, das beim Umrühren zu Flocken und Klumpen zusammenballt, so daß die Flüssigkeit fast momentan klar wird. Man sammelt den Niederschlag auf einem kleinen Filter, wäscht anfangs mit salpetersäure=

haltigem Wasser, dann mit reinem Wasser aus und trocknet. Nach dem Trocknen löst man den Niederschlag, soweit es thunlich ist, vom Filter ab, schüttet ihn in einen gewogenen Porzellantiegel, verbrennt das Filter auf dem umgekehrten Deckel und giebt die Asche zu dem Niederschlage in den Tiegel. Durch die Verbrennung des Filters wird eine geringe Menge des Chlorsilbers zu Metall reducirt. Um dieses wieder in Chlorsilber zu verwandeln, befeuchtet man die Asche und den Niederschlag mit ein paar Tropfen Salpetersäure, erwärmt und giebt dann Salzsäure hinzu. Die Flüssigkeit läßt man verdampfen, erhitzt das trocken gewordene Chlorsilber bis zum Schmelzen und wägt nach dem Erkalten. 1 Aeq. oder 143,5 Th. Chlorsilber entsprechen 1 Aeq. oder 35,5 Th. Chlor.

Das geschmolzene Chlorsilber entfernt man am leichtesten aus dem Porzellantiegel, indem man es mit verdünnter Salzsäure übergießt und ein Stückchen Zink darauf legt. Nach wenigen Stunden ist das Chlorsilber zu Metall reducirt und kann dann aus dem Tiegel genommen werden.

Das Chlor läßt sich in neutralen Flüssigkeiten, oder in solchen, die durch Zusatz von kohlensaurem Natron neutralisirt werden können, ohne dabei einen Niederschlag auszuscheiden, nach Mohr sehr leicht maßanalytisch bestimmen. Die Methode gründet sich darauf, daß in einer solchen Lösung, die außerdem einen Tropfen einer gesättigten Lösung von neutralem chromsaurem Kali enthält, so lange noch Chlor in Lösung ist, nur Chlorsilber gefällt wird, daß aber in dem Moment, wo die letzte Spur von Chlor an Silber gebunden ist, durch den nächsten Tropfen Silberlösung rothes chromsaures Silber sich ausscheidet und durch seine Farbe andeutet, daß alles Chlor gefällt ist.

Man bereitet sich dazu eine titrirte Silberlösung, welche $^1/_{10}$ Atom im Liter enthält, indem man genau 17 Grm. geschmolzenes chemisch reines salpetersaures Silberoxyd abwägt und in einer Literflasche löst. Jeder Cubikcentimeter der auf 1 Liter verdünnten Silberlösung enthält demnach 0,0108 Grm. Silber und entspricht 0,00355 Grm. Chlor.

Zur Ausführung der Bestimmung fügt man zu der neutralen Flüssigkeit einen Tropfen einer gesättigten Lösung von neutralem chromsaurem Kali und läßt dann unter beständigem Umschütteln aus der Bürette Silberlösung zufließen. Im ersten Augenblick wird wohl rothes chromsaures Silber gefällt; dieses wird aber beim Umschütteln sofort durch das Chlor wieder zersetzt und in weißes Chlorsilber verwandelt. Man läßt dann langsam zufließen, so lange bis der letzte Tropfen eine nicht wieder verschwindende schwach rothe Färbung hervorbringt. Bei einiger Uebung ist dieser Punkt nicht zu verkennen. Die Spur von chromsaurem Silber, welche zur Hervorbringung der röthlichen Farbe erforderlich ist, ist so gering, daß sie jede Correction unnöthig macht. Die Differenz der Farbe des Niederschlages ist um so leichter erkennbar, je farbloser die Flüssigkeit ist; man sollte daher nie so viel chromsaures Kali zusetzen, daß eine gelbe Färbung der Flüssigkeit hervortritt; ein Tropfen der Lösung genügt vollkommen.

Man kann diese Methode ebenfalls auf solche Chloride ausdehnen, die bei der Neutralisation mit kohlensaurem Natron unlösliche kohlensaure Salze ausscheiden, wie Chlorcalcium, Chlorbaryum rc., es muß dann aber von den ausgeschiedenen kohlensauren Erden abfiltrirt werden, der Niederschlag muß gewaschen werden und erst in dem durch das Waschwasser verdünnten Filtrat kann man die Bestimmung vornehmen. In solchem Falle ist jedoch die Gewichtsanalyse jedenfalls fast ebenso leicht und rasch auszuführen.

Die wenigen in Wasser und Salpetersäure unlöslichen Chlorverbindungen werden mit kohlensaurem Natron-Kali geschmolzen, die Schmelze in Wasser gelöst, von dem ausgeschiedenen Oxyd oder Metall abfiltrirt und das Chlor in der Flüssigkeit bestimmt.

Zinnchlorid, Quecksilberchlorid und Chlorantimon liefern mit salpetersaurem Silber Niederschläge, welche neben Chlorsilber resp. Zinnoxyd, Silberoxyd, Quecksilberchlorid oder Antimonchlorid enthalten. In diesen Fällen entfernt man zuerst die Metalle durch Schwefelwasserstoff und bestimmt das Chlor, nachdem man den Schwefelwasserstoff durch Zusatz von etwas schwefelsaurem Eisenoxyd entfernt hat, weil sonst neben dem Chlorsilber auch Schwefelsilber fallen würde.

Aus einer Lösung von grünem Chromchlorid wird durch salpetersaures Silber anfangs nur zwei Drittel des Chlors gefällt; erst beim Kochen tritt vollständige Zersetzung ein; aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, durch Ammoniak erst das Chromoxyd auszufällen und im Filtrat das Chlor zu bestimmen.

Die Chloride des Phosphor, Schwefel rc. zersetzen sich mit Wasser in Sauerstoffsäuren und Chlorwasserstoffsäure, in ihnen kann daher das Chlor direct nach dem Vermischen mit Wasser bestimmt werden.

Die sämmtlichen Salze der Chlorsäuren verwandeln sich beim Glühen in Chlormetalle. Die freien Säuren werden mit Kali im Ueberschuß versetzt, zur Trockne verdampft und im Silbertiegel so lange geschmolzen, bis die Masse ruhig fließt und sich kein Sauerstoff mehr entwickelt. Der Rückstand wird in Wasser gelöst und darin das Chlor nach Zusatz von Salpetersäure bestimmt.

Stohmann.

Chlorkalk.

Chlorkalk, Bleichkalk, Bleichpulver, wird der Körper genannt, der entsteht, wenn man Chlorgas von Kalkhydrat absorbiren läßt. Seine ausgedehnte Anwendung in der Bleicherei haben ihn zu einem der wichtigsten Artikel der technischen Fabrikation gemacht; sein großer Consum hat die weitgreifendsten Folgen hervorgerufen. Seine Darstellung ist innig mit der Sodafabrikation verknüpft, diese kann sogar nicht leicht von jener getrennt werden, wenn sie rentiren soll. Die bei letzterem Processe als Nebenproduct gewonnene Salzsäure ist das wesentlichste Material zur Chlorkalkbereitung. Indem man diese Säure, die noch vor nicht vielen Jahren ein lästiges, werthloses Product war, jetzt in Bleichkalk verwandeln und in diesem verwerthen kann, ist es möglich geworden, die Soda zu dem heutigen billigen Preise auf den Markt zu bringen. Welchen Einfluß die Sodapreise auf die täglich gebrauchten Dinge haben, brauchen wir wohl nicht erst anzuführen, denn Jeder weiß, daß die Soda ein Hauptmaterial zur Darstellung der Seife, des Glases und vieler anderer Dinge ist, die wir nicht entbehren können, die bei ihrem Verschleiß völlig verloren gehen und deren Werth hauptsächlich durch ihren Gehalt an Soda bedingt wird.

Der Chlorkalk besteht im Wesentlichen aus unterchlorigsaurem Kalk, gemengt mit Chlorcalcium. Seine Entstehung wird durch die Formel:

$$2\,CaO + 2\,Cl = CaO\,.\,ClO + CaCl$$

oder:

$$\underbrace{2\,CaO}_{\text{Kalk.}} + \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\Ca\end{matrix}\right\}O_2}_{\text{Unterchlorigsaurer Kalk.}} + \underbrace{Ca\,Cl}_{\text{Chlorcalcium.}}$$

angedeutet.

Der reine Kalk als solcher nimmt kein Chlorgas auf, es ist erforderlich, ihn vorher mit Wasser zu Kalkhydrat zu löschen. Das dabei gebundene Wasser geht in die Constitution des Chlorkalks über. Außerdem findet sich darin aber nie aller Kalk mit Chlor verbunden, sondern es bleibt stets eine gewisse Menge Kalk unzersetzt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieser sich mit dem Chlorcalcium verbindet und ein basisches Chlorcalcium bildet. Danach kann man ihn betrachten als eine Verbindung von unterchlorigsaurem Kalk mit basischem Chlorcalcium und Wasser, nach Fresenius von der Formel $CaO\,.\,ClO + CaCl\,.\,2\,CaO + 4\,HO$.

Die fabrikmäßige Darstellung des Bleichkalkes zerfällt in drei Abschnitte. Diese sind die Zubereitung des Kalkhydrats, die Entwicklung des Chlorgases und die Vereinigung beider.

Darstellung des Kalkhydrats. Da man verlangt, daß der Chlorkalk wo möglich blendend weiß sein soll, so ist es erforderlich, sich zuerst einen reinen Kalkstein zu verschaffen. Von allen Varietäten dieses Gesteins eignet sich die Kreide am besten für diesen Zweck. Da sie aber nicht überall in hinreichender Menge zu haben ist, so muß man zu anderen Materialien seine Zuflucht nehmen, bei deren Auswahl man namentlich darauf zu achten hat, daß sie möglichst wenig Eisen und Mangan enthalten, da diese dem fertigen Product eine dunkle Farbe ertheilen. Ebenso nachtheilig auf die Qualität des Chlorkalks kann ein größerer Gehalt von Magnesia im Kalksteine wirken, weil das durch die Einwirkung des Chlors gebildete Chlormagnesium noch energischer Feuchtigkeit aus der Luft absorbirt, wie das Chlorcalcium und weil die ebenfalls entstehende unterchlorigsaure Magnesia außerordentlich leicht zersetzbar ist, — beides Eigenschaften, die leicht ein Verderben des Chlorkalks herbeiführen. Ein in manchen Gegenden vorkommender bituminöser Kalkstein eignet sich sehr gut dazu, eisenfreier Kalktuff liefert ebenfalls einen Kalk, der sich gut und leicht in Chlorkalk verwandelt. Der Kalkstein wird gebrannt und dann gelöscht. Die letztere Operation, obgleich sehr einfach, muß doch mit vieler Sorgfalt ausgeführt werden. Es ist eine Hauptsache, dabei weder zu viel, noch zu wenig Wasser anzuwenden, da ein unvollkommen gelöschter Kalk das Chlor nicht hinreichend absorbirt. Kalkhydrat, welches zu viel Wasser enthält, ballt sich dagegen bei der Behandlung mit Chlor zusammen und liefert ein unansehnliches, ebenfalls nicht völlig gesättigtes Product. Man kann das Löschen ausführen, indem man den gebrannten Kalk in einer Lage von 6 Zoll Höhe auf einer Flur ausbreitet und ihn so lange mit Wasser begießt, bis er völlig zu Pulver zerfällt. Eine vollkommenere Löschung findet aber Statt, wenn man nur eine kleine Quantität, z. B. 30 Pfund, auf einmal behandelt. Ein Arbeiter besprengt den Kalk mittelst einer Gießkanne und wartet ab, bis die Steine sich erhitzen, Wasserdämpfe ausstoßen und aufzuschwellen anfangen. Dann wendet er die Masse mit einem Spatel um und fügt mehr Wasser hinzu, und so fort, bis die ganzen Steine zu einem feinen, leichten, trocknen Pulver zerfallen sind. Alle Stücke, die sich nicht löschen, also entweder unvollkommen gebrannter Kalk oder fremdes Gestein sind, werden gleich von dem Arbeiter bei Seite geworfen. Alle kleinen Steinchen werden durch Sieben des Hydrats entfernt. Das Löschen sollte nur im Freien stattfinden und der Arbeiter so gestellt sein, daß der Wind den in Wolken aufsteigenden Kalkstaub fortführt, damit er vor der Einathmung desselben geschützt sei. Das Sieben kann nur in geschlossenen Kasten vorgenommen werden. Das Kalkhydrat eignet sich nicht gut unmittelbar nach dem Löschen zur Absorption des Gases. Fabrikanten wissen aus Erfahrung, daß die Verbindung weit leichter erfolgt, wenn das Pulver acht Tage gelegen hat.

Nach Varrentrapp (Handwörterbuch der Chemie II. Aufl. Bd. II. 2, S. 1109) ist es am zweckmäßigsten, beim Löschen folgendermaßen zu verfahren:

Der frisch gebrannte und von allen verunreinigten Stücken befreite Kalkstein wird auf eine große siebartig durchlöcherte Schaufel, deren Ränder an drei Seiten

in die Höhe gebogen sind, gebracht und auf dieser in Wasser getaucht. Sobald der Kalk sich im Wasser so weit erhitzt hat, daß dieses aufpoltert, wirft man ihn auf einen Fußboden und faßt mit der Schaufel eine neue Portion gebrannten Kalk, mit dem man auf gleiche Weise verfährt. Ist die ganze Masse des gelöschten Kalks auf einen Haufen geworfen, wo er vollends zu einem trocknen Pulver zerfällt, so breitet man ihn etwa 4 Centimeter hoch aus und läßt ihn einige Stunden lang liegen und abkühlen, dann wird derselbe zu einem Haufen aufgeschaufelt und durch ein großes rotirendes Sieb gebeutelt. Die zurückbleibenden härteren Stücke, Pillen, fallen an der Seite aus dem in einem dichtverschlossenen Kasten schief liegenden Siebe heraus; sie werden in ein starkes Faß, welches um seine Achse rotiren kann, mit etwa einem Dutzend sechs- bis achtpfündiger Kanonenkugeln gebracht, bei der Rotation zu feinem Pulver zermalmt und dieses nach dem Sieben dem Kalkhydratpulver beigemengt. Zur Haltbarkeit des Chlorkalks trägt es wesentlich bei, daß man nicht das reine Kalkhydrat anwende, sondern ein solches, welches 6 als 8 Proc. mehr Wasser enthält, als das bei 100° getrocknete Hydrat. Es muß daher vor seiner Verwendung stets auf diesen Wassergehalt durch Trocknen bei 100 bis 110° geprüft werden.

Die **Entwicklung des Chlorgases** geschieht in Apparaten, die entweder aus Blei oder aus Sandstein construirt sind; die ersteren sind für einen kleinen Betrieb, wie namentlich in Bleichereien, wo man das Chlor selbst darzustellen wünscht, sehr geeignet. In großen Fabriken sind sie aber fast gänzlich durch steinerne Apparate verdrängt, da man mit diesen rascher arbeiten kann und da sie nicht so vergänglich wie jene sind.

Fig. 398.

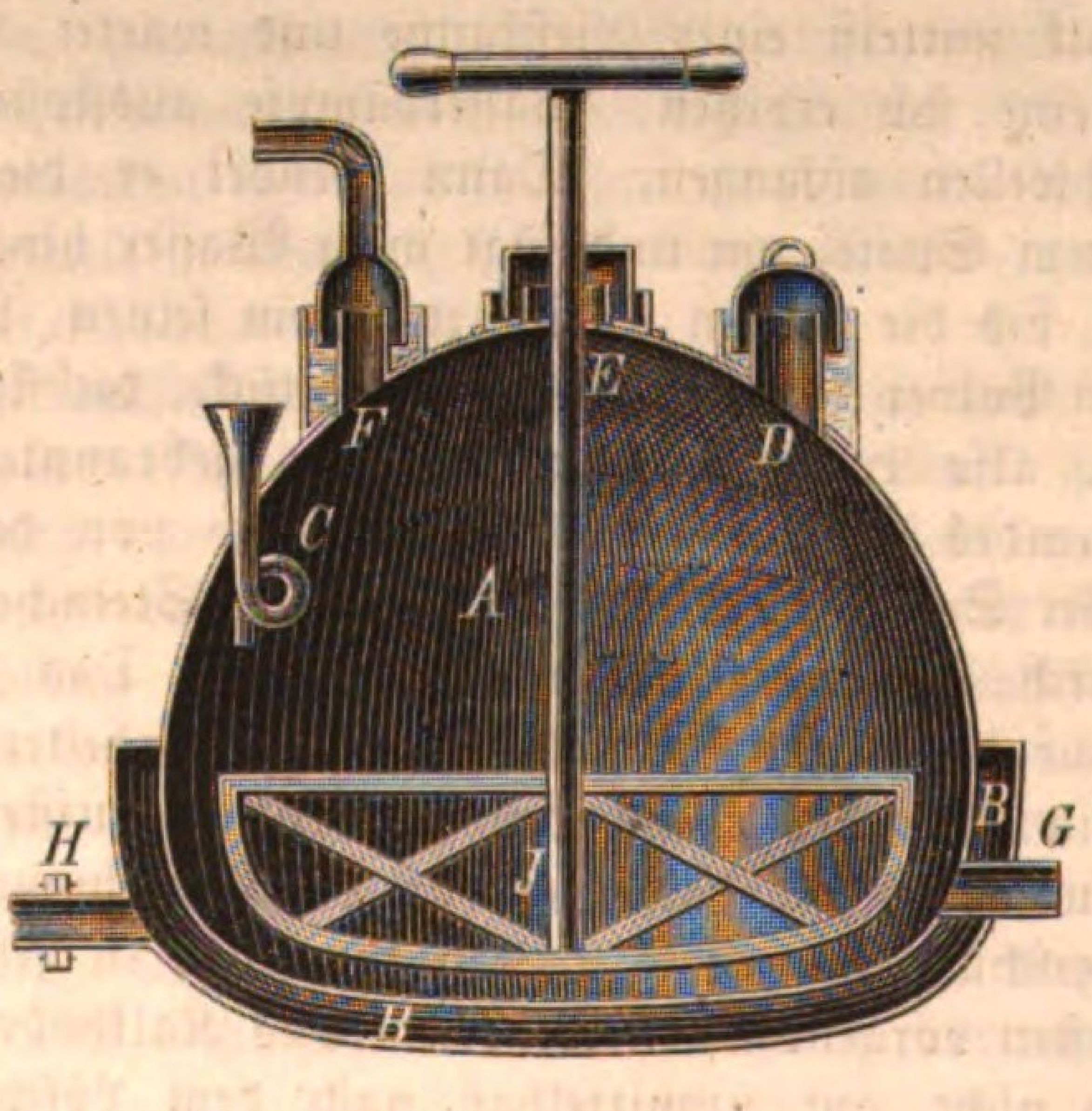


Fig. 398 giebt einen Durchschnitt eines bleiernen Entwicklungsgefäßes. Es besteht aus der bleiernen Blase *A*, deren unterer Theil mit einer eisernen Hülle *BB* umgeben ist, die dazu dient, den Inhalt des Apparats zu erwärmen, indem der hohle Raum, welcher zwischen der Blase und dem eisernen Mantel befindlich ist, durch das Rohr *H* mit Dampf gespeist werden kann. In dem oberen Theile des Apparats sind mehrere Oeffnungen angebracht. Die erste *D* dient dazu, den fein gemahlenen Braunstein einzuführen. Durch die Trichterröhre *C* fließt die Salzsäure ein. Beide Materialien werden durch den Rührapparat *J*, der durch die Oeffnung *E* geht, mit einander vermischt und dann erwärmt, indem man den Hahn öffnet, der die Röhre *H* mit dem Dampfkessel in Verbindung setzt. *F* ist das Ableitungsrohr für das entweichende Chlorgas. *G* ist eine Röhre, die während der Operation verschlossen ist, die aber später geöffnet wird, um den flüssigen Inhalt des Apparats zu entleeren. Sämmtliche Oeffnungen im oberen Theile werden auf die in dem Holzschnitte angegebene Weise verschlossen, nämlich durch Wasserventile, indem die Ränder der Ableitungsröhre, des Deckels u. s. w. in einen ringförmigen mit Wasser gefüllten Behälter tauchen. Der Verschluß ist luftdicht; denn sobald keine Verstopfung in den Leitungsröhren eintritt, ist niemals ein so starker Druck im Apparat, als daß er nicht von der Höhe der Wasserschicht überwunden werden sollte. Der Verschluß ist außerdem in einer Secunde auszuführen und man hat nicht den Verschleiß von Schrauben, der bei dem gewöhnlichen Flantschenverschluß nicht zu vermeiden ist.

Diese Form des Apparats ist vielfach abgeändert worden. Man hat z. B. den eisernen Mantel weggenommen und die Blase auf eisernen Platten im Sandbade erhitzt. Man muß in diesem Falle aber sehr vorsichtig verfahren und der Rührapparat muß fast ununterbrochen in Bewegung sein, da sonst ein Durchschmelzen des Bleies nicht zu vermeiden ist. Eine andere Modification besteht darin, daß man den ganzen unteren Theil von Eisen macht und den oberen auf diesem befestigt. Die Zersetzung muß dann aber mittelst Schwefelsäure, Kochsalz und Braunstein geschehen, da das Eisen von der wäßrigen Salzsäure rasch aufgelöst wird. Man kann dann eine directe Feuerung anwenden.

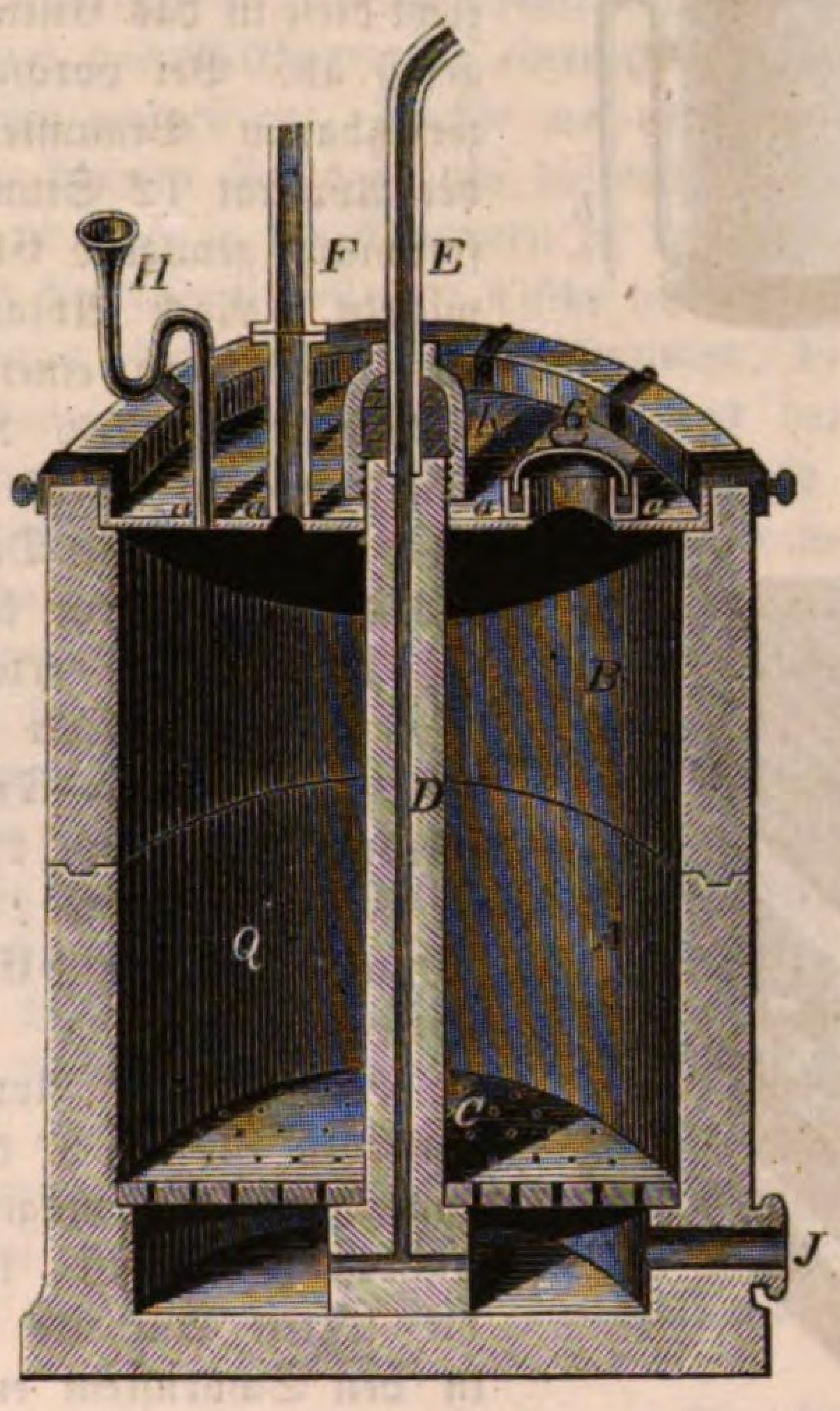
Die Verhältnisse zwischen Braunstein, Kochsalz und Schwefelsäure nimmt man wie S. 1339 bei Chlor angegeben ist.

Nachdem die drei Substanzen durch den Rührapparat gut vermischt sind, erwärmt man die Masse, indem man entweder durch die Röhre *H* Dampf einströmen läßt oder indem man das Feuer anzündet. Die Entwicklung beginnt schon bei wenig erhöheter Temperatur und geht bis gegen das Ende ruhig und gleichmäßig fort. Dann erhitzt man aber bis zum Sieden, um die letzten Quantitäten Chlor zu gewinnen. Gegen Ende der Operation geht eine ziemlich bedeutende Menge Wasserdampf mit über. Um diesen zu verdichten, bringt man zwischen dem Entwicklungsapparat und dem Absorptionsraum eine Vorlage an, in der sich das condensirte Wasser ansammelt und von wo es von Zeit zu Zeit abgelassen wird.

Zur Darstellung des Chlorgases in großem Maßstabe ist der in Fig. 399 dargestellte Apparat weit praktischer, indem man mit ihm in derselben Zeit ungleich größere Mengen Gas erzeugen kann, auch weil er dauerhafter ist, als der vorige und weil man dabei nicht allein das Pulvern des Braunsteins ersparen kann, sondern sogar vorzugsweise mit grobstückigem Braunstein arbeitet. Der Theil des Apparats, welcher mit Säuren in Berührung kommt, ist ganz aus Sandstein angefertigt und

wird daher nicht von der Salzsäure zerstört. Bei der Auswahl der Steine muß man aber sehr sorgfältig zu Werke gehen und sich vorher überzeugen, ob auch durch Säuren nichts aus ihnen ausgezogen werde, da manche

Fig. 399.



Sandsteine Kalk enthalten und leicht aufschließbare Silicate, die den raschen Ruin des Apparats herbeiführen würden.

Die Größe des Apparats — er wird gewöhnlich 6 Fuß hoch genommen — macht es unmöglich, ihn aus einem Stücke zu arbeiten. Man nimmt deshalb zwei Steine, die in der Mitte durch einen Falz und Kitt aus Thon und gekochtem Leinöl verbunden werden. Sie sind in der Zeichnung AB genannt. Der untere A ist ein cylindrischer Behälter, auf dem B ruht. 6 Zoll über dem inneren Boden erweitert sich der Durchmesser des Steines um 2 Zoll, wodurch ein Vorsprung entsteht, der der durchlöcherten Platte C als Stützpunkt dient. Der Braunstein wird auf diese Platte geworfen, und zwar in faustgroßen Stücken, damit die Löcher derselben nicht verstopft werden. Die Erwärmung geschieht durch die Röhre D, die durch die Röhre E mit einem Dampfkessel in Verbindung steht. D ist ebenfalls von Sandstein gearbeitet, geht durch den falschen Boden hindurch und läßt den Dampf erst unter diesem entweichen. Er muß sich daher durch die Löcher von C einen Weg bahnen, vertheilt sich gleichmäßig in der Flüssigkeit und erwärmt sie in kurzer Zeit unter Abgabe seiner latenten Wärme. Der Apparat wird oben durch einen bleiernen Deckel verschlossen, der in Kitt gelegt und durch eiserne Klammern am Steine festgehalten wird. Der Deckel hat mehrere Oeffnungen: eine, durch die das Dampfrohr geht, eine andere F zum Entweichen des Gases, G ist eine durch Wasserventil zu verschließende Oeffnung, durch die der Braunstein in den Apparat gebracht wird. H eine gebogene Trichterröhre zum Eingießen der Salzsäure. J ist eine Oeffnung unter dem falschen Boden, während der Entwicklung durch einen hölzernen Zapfen geschlossen, die dazu dient, die Manganchlorürlösung, nachdem die Säure erschöpft ist, abzulassen.

Die Manipulation mit dem Apparate ist höchst einfach. Man bringt zuerst so viel Braunstein hinein, daß er ungefähr bis zur Hälfte gefüllt wird, dann verschließt man die verschiedenen Oeffnungen und läßt eine beliebige Menge Salzsäure durch die Trichterröhre einströmen. Bei einem Apparate von 6 Fuß Höhe und 3 Fuß Durchmesser kann man 1000 bis 1200 Pfd. Säure anwenden. Darauf läßt man Dampf eintreten. Anfangs gelinde, gegen Ende aber in einem so starken Strom, daß die Flüssigkeit ins Kochen kommt. Die obige Beschickung läßt sich in ungefähr 12 Stunden abtreiben, dann wird die Lösung abgelassen und frische Säure eingefüllt. Da man einen großen Ueberschuß von Braunstein im Apparate hat, so fügt man nur von Zeit zu Zeit eine neue Menge hinzu.

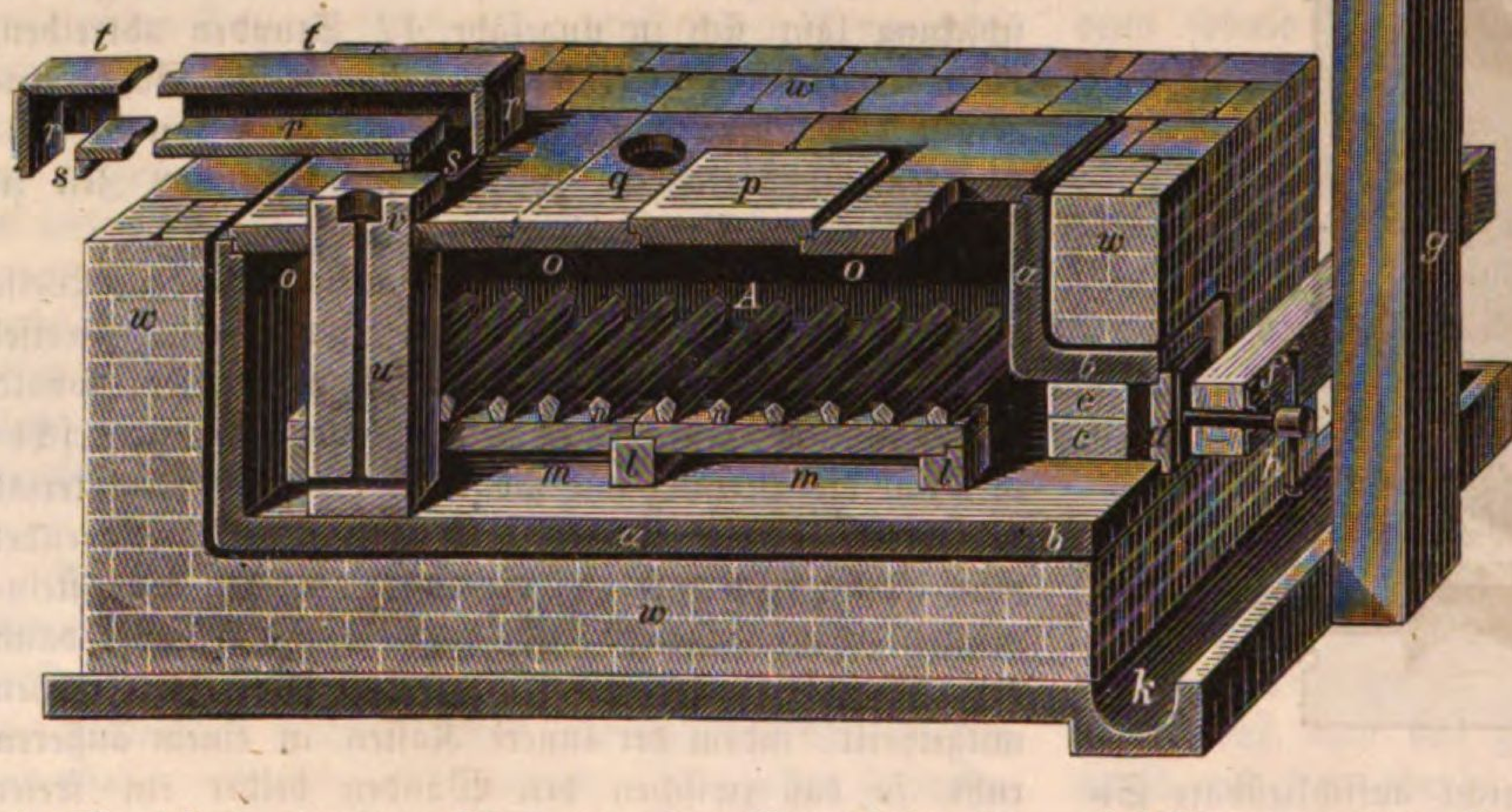
Auch diese Apparate werden auf verschiedene Weise ausgeführt. Der oben beschriebene ist aber ohne Zweifel am besten für die Chlorkalkfabrikation geeignet, sobald es darauf ankommt, die Salzsäure möglichst zu erschöpfen und die Heizung mit möglichst wenig Feuermaterial zu bewerkstelligen. In England und Schottland wendet man häufig Apparate an, die aus viereckigen Sandsteinplatten zusammengesetzt sind, die Wärme wird aber dann der Flüssigkeit nicht von innen, sondern von außen mitgetheilt, indem der innere Kasten in einem äußeren ruht, so daß zwischen den Wänden beider ein freier Raum von 2 Zoll Weite bleibt. Dieser wird mit Dampf gefüllt und bewirkt die Erhitzung der im inneren Kasten befindlichen Flüssigkeit. Beim Beginn der Operation füllt man den Kasten ganz mit Braunstein an und läßt die Salzsäure in einem ununterbrochenen Strome, von unten aufwärts steigend, über den Braunstein fließen.

Diese kastenförmigen Entwicklungsapparate werden gegenwärtig auch in deutschen Fabriken sehr vielfach angewandt, man bewirkt aber die Heizung durch direct einströmenden Dampf. Ein solcher Apparat ist von Varrentrapp (Handwörterbuch der Chemie II. Aufl. Bd. II., 2, S. 1110) beschrieben und in Fig. 400 dargestellt.

A ist das große aus einem Stück Sandstein gearbeitete Entwicklungsgefäß, etwa 2 Meter lang, 1,1 Meter breit und 0,75 Meter hoch. Die Wände aa sind 15 bis 20 Centimeter stark. An der einen schmalen Seite ist ein Hals von circa 35 Centimeter Länge, 50 Centimeter Breite, 45 Centimeter Höhe stehen gelassen, derselbe hat eine viereckige Durchbohrung von 15 Centimeter Höhe und 20 Centimeter Breite zum Entleeren des Gefäßes. Während der Operation ist dieser Canal verschlossen, indem zuerst ein paar Backsteine cc mit Lehm eingesetzt werden. Davor wird eine Lage Lehm gebracht und darauf der an den Kanten mit Lehm bestrichene Sandstein d vorgesetzt und gegengedrückt. Auf diesem befindet sich eine starke eiserne Platte, welche verhindert, daß die Schraube h den Stein d beim Anziehen beschädige. Die Schraube h geht durch den 20 Centimeter starken Balken f und die Eisenplatte i,

welche die Mutter für die Schraube h bildet. Beim Anziehen von h drängt sich f fest gegen die Ständer gg und preßt d in seinen Sitz. Sobald h gelöst wird, ist f leicht hinter g hervorzuziehen. Es liegt dann die Oeffnung ganz frei, so daß der abdestillirte Inhalt des Steines in den Canal k abfließen und der Stein bequem gereinigt werden kann. Auf drei 10 Centimeter hohen Unterlagen ll liegen die sechs Rostbalken mm, welche die ebenfalls aus Sandstein gebildeten Roststäbe nn von fünfseitigem Durchschnitt tragen. Das Entwicklungsgefäß ist oben durch drei Steinplatten oo geschlossen; p ist

Fig. 400.



ein Mundloch, durch welches man den Braunstein einträgt; q ein mit einem Sandsteinstöpsel verschließbares Loch zum Eingießen der Salzsäure; r ein Trog aus Sandstein, der an seiner unteren Seite die Oeffnungen ss hat und durch Auflegen der Deckelplatten tt in eine Röhre umgewandelt wird, welche die Chlordämpfe von A in einen zweiten gleich eingerichteten Entwicklungsapparat leitet. Das säulenförmige Sandsteinstück u, von 20 Centimeter Dicke, ist senkrecht durchbohrt, 5 Centimeter von seinem unteren Ende aber horizontal, so daß, wenn in die Erweiterung v ein Bleirohr eingekittet wird, Dampf durch dasselbe in den Entwicklungsapparat eingeführt werden kann.

Alle einzelnen Theile des Apparats, soweit dieselben aus Sandstein gefertigt sind, werden vor der Zusammenstellung in Theer gekocht, durch welche Behandlung der Stein eine große Festigkeit und Undurchdringlichkeit für Gase und Flüssigkeiten erhält. Um den Apparat gegen Einwirkungen von außen zu schützen, ist derselbe rings mit Mauerwerk w umgeben und der zwischen den Sandsteinplatten und dem Mauerwerk frei bleibende Raum von 2 Centimeter Weite mit Theerpech ausgegossen.

Nachdem der Braunstein in Stücken, etwa 10 Centner, durch p eingebracht ist, wird diese Oeffnung mit Hülfe von Kitt (aus gleichen Theilen Mennige, und Pfeifenthon mit Leinöl) verschlossen. Je nachdem der Braunstein dichter oder fester, leichter oder schwieriger zersetzbar ist, kann man sofort alle Salzsäure durch q eingießen oder nur nach und nach. Es geschieht dies mit Hülfe eines bleiernen Gefäßes (Fig. 401), welches leer auf den Apparat gestellt wird, so daß das Ende der heberförmigen Röhre b über der Oeffnung q steht. Sobald das Gefäß bis über die Biegung des Hebers b mit Salzsäure gefüllt ist, füllt der Heber sich selbstthätig mit Säure und zieht diese in das Entwicklungsgefäß ab.

Fig. 401.



Bei porösem, leicht zersetzbarem Braunstein wird der Apparat 12 Stunden lang freiwillig genügend Chlor entwickeln. Nach Ablauf dieser Zeit läßt man einen raschen Dampfstrahl durch die Röhre vu eintreten. Man leitet jedoch nur so lange Dampf ein, bis die Temperatur der Säure 35 bis 37° C. erreicht hat. Von zwei zu zwei Stunden steigert man die Temperatur jedesmal um etwa 12° C., bis sie schließlich nach 24 bis 30 Stunden etwa 90° C. erreicht hat.

Nachdem der Apparat abgetrieben ist, d. h. die eingefüllte Salzsäure möglichst vollständig zersetzt ist, läßt man die letzten Antheile Chlorgas in den Schornstein entweichen, um davon beim Entleeren nicht belästigt zu werden. Zu dem Zweck ist das steinerne Rohr g neben der Absorptionskammer (s. Fig. 401) angebracht. Man verbindet dann das Rohr i mit f, indem man das Rohr e aus der Muffe d hebt und es in die ringförmige Muffe f, welche mit Wasser gefüllt ist, tauchen läßt und zugleich den Stöpsel q öffnet. Die durch den Schornstein angesogene Luft nimmt die letzten Reste des Chlors fort, so daß man nach kurzer Zeit die Oeffnung c durch Entfernung der Steine freimachen und die Chlormanganlösung durch die Rinne k abfließen lassen kann.

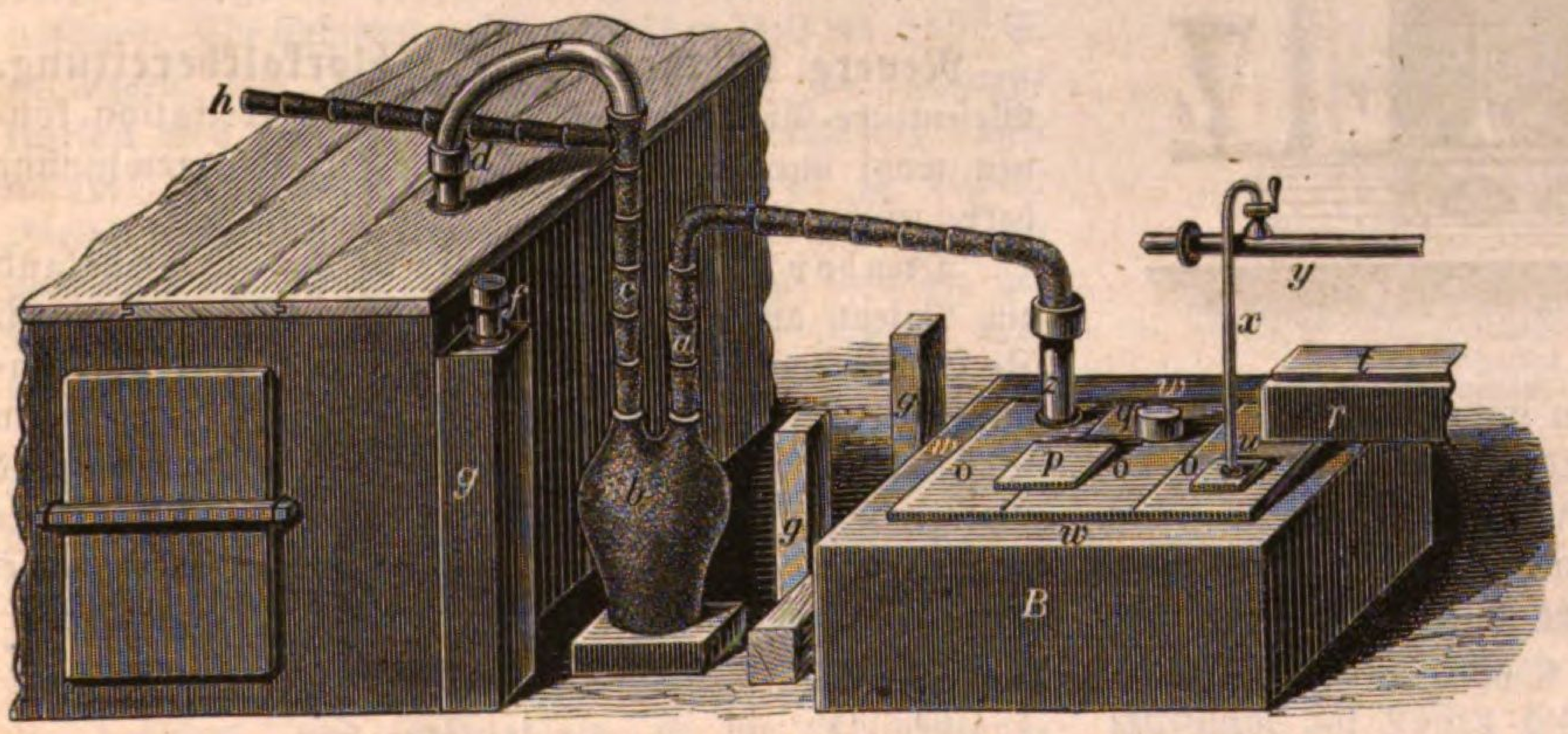
Absorption des Chlorgases. Die Bildung des Bleichkalkes, d. h. die Absorption des Chlorgases durch das Kalkhydrat geschieht in geräumigen Kammern, die aus sehr verschiedenem Material hergestellt werden. So findet man Kammern aus Eisenplatten, die, um sie vor der Einwirkung des Chlors zu schützen, stark mit Asphaltfirniß bestrichen sind, Kammern aus getheertem Holz, aus in Theer gekochten Sandsteinplatten, mit Decken entweder aus Sandsteinplatten oder getheertem Holz, endlich aus möglichst wenig porösen Steinen und mit einem flachen Gewölbe überspannte Kammern, die inwendig durch einen Anstrich mit eingekochtem Theer gedichtet sind. Den letzteren ist wohl unbedingt der Vorzug zu geben, da sie bei einer nicht kostspieligen Construction die größte Dauerhaftigkeit gewähren. Ueber die Größe der Kammern lassen sich keine bestimmten Angaben machen, da sie fast in jeder Fabrik verschieden sind und zum Theil vom Umfange des Betriebes abhängen. Man findet große und kleine Kammern, man findet Kammern,

die je mit einem, mit zwei oder mit drei Entwicklungsapparaten in Verbindung stehen. Man giebt ihnen im Allgemeinen eine solche Höhe, daß ein Mann in etwas gebückter Stellung in dieselben eintreten kann, und macht sie etwa doppelt so lang, als sie breit sind.

Der Boden der Kammer wird aus dicht in einander gefugten geschliffenen Sandsteinplatten hergestellt und auf diesen wird das Kalkhydrat in einer Höhe von sechs Zoll gleichmäßig ausgestreut. Früher war es üblich, das Kalkhydrat in dünnen Schichten auf hölzerne Hürden auszubreiten und diese in die Kammern zu bringen, oder auch wohl mit Kalkhydrat bestreute Tische hineinzustellen, hiervon ist man aber gänzlich zurückgekommen, da das auf dem Boden liegende Hydrat das Chlorgas durchaus genügend absorbirt und da die ganze Arbeit so am leichtesten ausgeführt werden kann. Auch hatte man früher eiserne Harken, deren Stiele durch Büchsen in den Seitenwänden der Kammer gingen, um damit das Hydrat während der Operation umzurühren. Aber auch diese sind allgemein beseitigt, da ihre Anwendung nicht den geringsten Nutzen bringt; das Kalkhydrat ist locker genug, um auch ohne Erneuerung der Oberfläche das Chlor aufzunehmen.

Am Boden der Kammern finden sich zwei oder drei hölzerne Thüren von solcher Größe, daß ein Mann durch dieselben einkriechen kann. Sie werden, nachdem das Kalkhydrat eingebracht ist, an den Rändern mit Lehm verstrichen und durch eiserne Bolzen befestigt. In Fig. 401 ist die Verbindung des Entwicklungsgefäßes mit

Fig. 401.



der Absorptionskammer (hier aus Steinplatten mit hölzerner Decke) gezeigt. Das durch *z* entweichende Chlorgas geht zunächst durch ein etwas aufwärtssteigendes thönernes oder bleiernes Rohr *a* in die leere zweihalsige Flasche *b* und aus dieser durch die Röhren *ce* und *d* in die Kammer. Ein anderes Rohr *h*, welches von *c* abzweigt, gestattet es, das Chlorgas in eine zweite Kammer zu leiten. Scheinbar könnte man das Gas aus dem Entwicklungsapparat unmittelbar in die Absorptionskammer leiten, aber die Röhrenvorrichtung, sowie die zweihalsige Flasche hat den Zweck, durch Abkühlung die Wasserdämpfe zu condensiren, um ein möglichst wenig feuchtes Chlorgas in die Kammer gelangen zu lassen und außerdem die kleinen Tröpfchen Chlormanganlösung, welche das Chlor mit sich reißt, zurückzuhalten. Geschähe dieses nicht, so würde der unter der Zuleitungsstelle befindliche Chlorkalk ganz unbrauchbar werden, indem Wasser auf denselben tropfen würde und außerdem auch durch das eintropfende Chlormangan braune Stellen sich bilden würden, indem dieses zu Mangansuperoxydhydrat oxydirt werden würde.

Die Operation leitet man am besten so, daß die Gasentwicklung Abends beendigt wird. Man läßt dann über Nacht die Kammer verschlossen stehen, um das noch darin enthaltene Gas möglichst absorbiren zu lassen, und setzt ganz früh am folgenden Morgen die Kammer mit dem Schornstein in Verbindung, indem man das gebogene thönerne Rohr *e* in die Muffen *d* und *f* steckt und entweder ein am entgegengesetzten Ende der Kammer befindliches Loch oder eine der Thüren öffnet. Die durch *g* angesogene Luft nimmt dabei das in der Kammer noch befindliche Gas mit, so daß sie nach kurzer Zeit betreten werden kann.

Die Thüren werden dann geöffnet und der fertige Chlorkalk mit hölzernen Krücken aus der Kammer gezogen; die letzten Reste werden durch einen Arbeiter, der mit durch einen nassen Schwamm verbundenem Munde die Kammer betritt, mittelst eines Besens zusammengekehrt und ebenfalls entleert. Unmittelbar nach der Entleerung mischt man den Inhalt der ganzen Kammer durch Umschaufeln, nimmt eine Probe zur Untersuchung und verpackt das fertige Product. Bei der Verpackung ist mehrerlei zu beachten. Zunächst darf der Chlorkalk nicht mehr warm sein; dann darf er nicht von der Sonne beschienen werden, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß ein solcher dem Sonnenlicht ausgesetzt gewesener Chlorkalk sich unfehlbar zersetzt; dann muß der Chlorkalk möglichst fest in die Fässer eingestampft werden und namentlich darf man nur aus möglichst altem ganz trocknem Holz angefertigte Fässer verwenden.

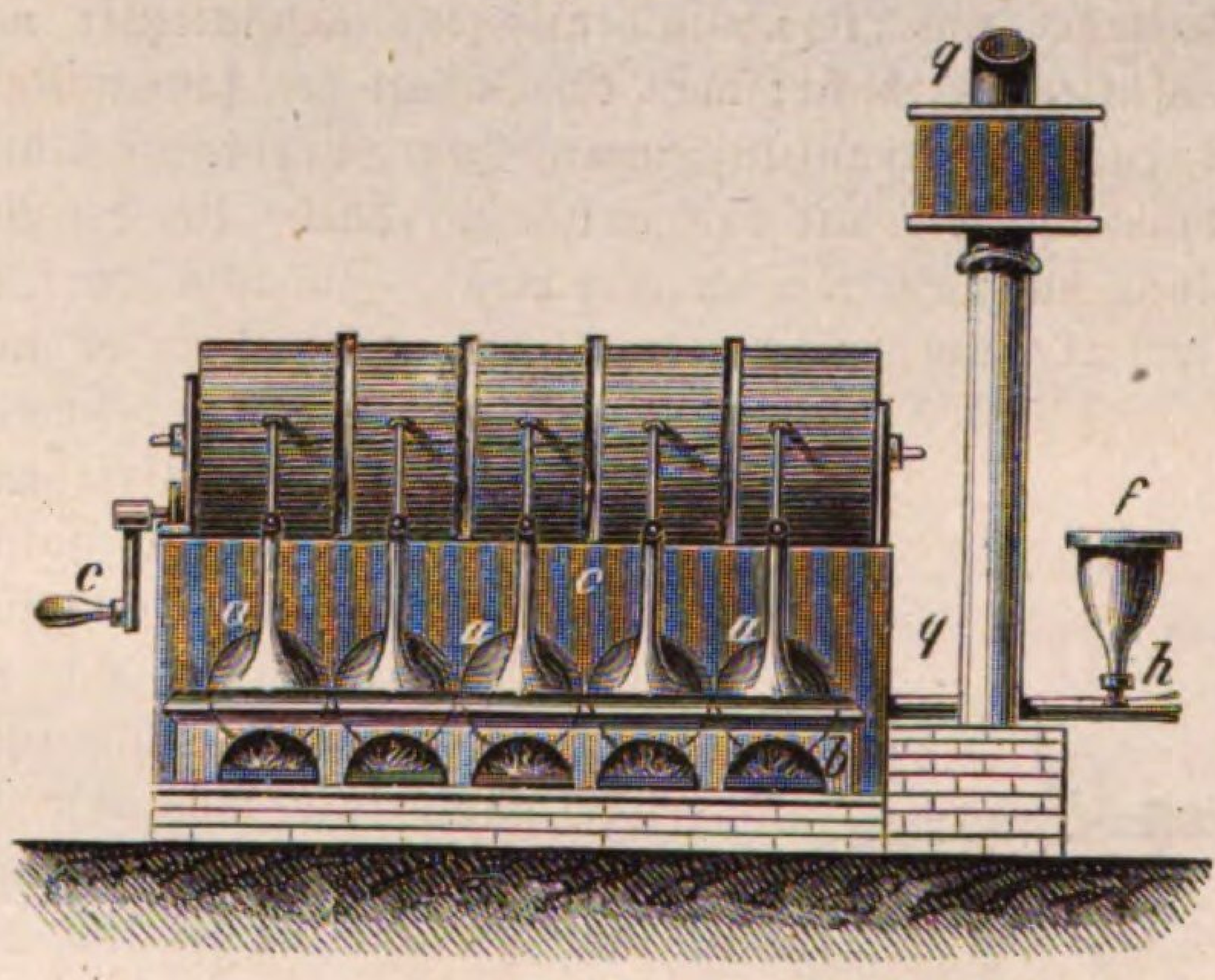
Der Chlorkalk ist sehr leicht einer freiwilligen Zersetzung unterworfen, die, man weiß es nicht aus welchen Ursachen, eintritt. Sie ist nur zu vermeiden und der Fabrikant kann sich nur durch strengste Innehaltung der angegebenen Vorsichtsmaßregeln vor empfindlichem Schaden bewahren. Die günstigste Zeit zur Chlorkalkfabrikation ist der Winter und die mäßig warmen Jahreszeiten, im Sommer bei großer Hitze ist es nur mit Aufwand unverhältnißmäßig großer Massen von Chlorgas möglich, einen starken Chlorkalk zu erzeugen. Während des Winters ist es gar nicht schwierig, einen Chlorkalk von 36 bis 37 Proc. wirksamem Chlor zu liefern, während man im Sommer kaum 33 Proc. erreicht und während der größten Hitze auch nicht einmal so weit kommt. Es hat dieses offenbar darin seinen Grund, daß die größere Wärme die Bildung von chlorsaurem Kalk begünstigt.

Manche Consumenten ziehen es vor, ihren Chlorkalk

selbst zu bereiten; ob dieses bei den durch die Concurrenz so gedrückten Preisen vortheilhaft ist, ist mehr wie fraglich, in den meisten Fällen wird der Transport der Salzsäure so große Kosten machen, daß diese weit beträchtlicher sind als der Profit, welchen der Fabrikant bei der Darstellung des Chlorkalks haben kann. Ganz illusorisch wird jedenfalls der Vortheil, wenn man zur Chlorentwicklung Kochsalz, Schwefelsäure und Braunstein anwenden muß und also die Salzsäure nicht als Nebenproduct gewinnt.

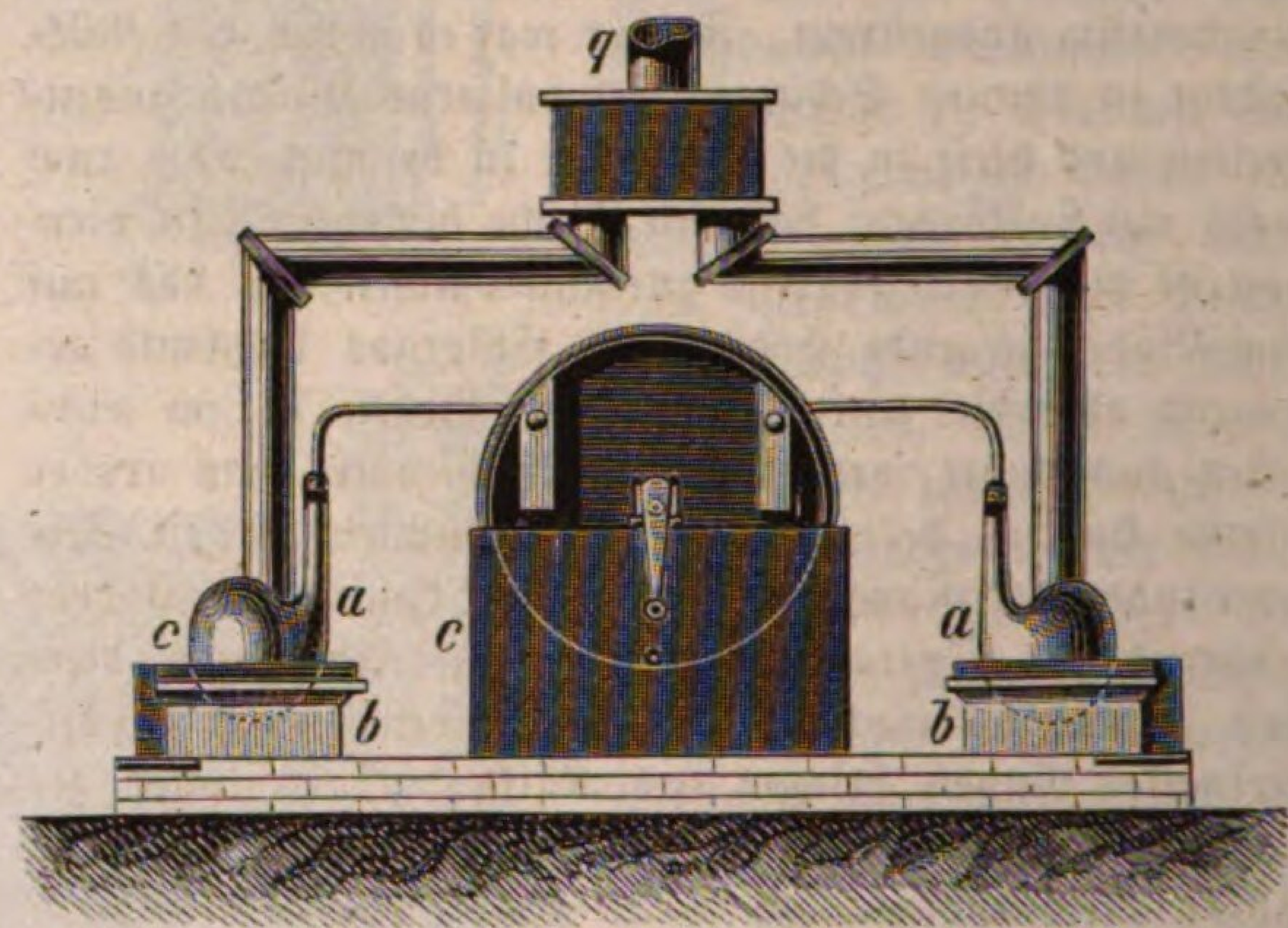
Bei der Bereitung für den eignen Bedarf leitet man das Chlorgas in flüssige Kalkmilch und nicht in Kalkhydrat, weil die Kalkmilch doch immer leichter absorbirt, leichter darzustellen ist als das staubige Hydrat und endlich weil man dann die Lösung des Chlorkalks nicht mehr zu bewerkstelligen braucht. Es sind dazu verschiedene Apparate empfohlen worden, von denen hier nur einer des Beispiels halber erwähnt werden mag, es ist der in Mühlhausen vielfach angewandte und von **Dumas** beschriebene. Fig. 402 ist eine Seitenansicht, Fig. 403 eine Endansicht desselben.

Fig. 402.



aaa sind mit ihren Hälsen nach aufwärts gerichtete große Retorten, die in Sandbädern ruhen und durch den Ofen *bb*, dessen Züge um die einzelnen Bäder gehen, erhitzt werden. Der Braunstein und die Salzsäure werden in die Retorten gebracht, aus denen das entweichende Chlorgas in den Trog *c* geht. Der untere Theil des Troges besteht aus einem Sandsteinblock, der obere ist aus mit Asphalttheer getränkten Brettern zusammengesetzt. Im Innern des Troges ist ein schraubenförmiger Rührapparat angebracht, der den Inhalt in Bewegung erhält. Die Kalkmilch wird durch den Trichter *f* zugeführt und die gesättigte Lösung durch die Röhre *h*

Fig. 403.



abgelassen. Um jeden Druck im Apparate zu vermeiden, läßt man die Röhren, welche das Gas aus den Retorten in den Trog leiten, nicht in die Flüssigkeit tauchen, sondern läßt sie unmittelbar über dem Niveau münden und bewirkt die Absorption durch stete Bewegung der Kalkmilch, wodurch dem zuströmenden Chlorgase stets neue Schichten ausgesetzt werden.

Neuere Methoden der Chlorkalkbereitung.

Wesentliche Abänderungen der Chlorkalkfabrikation können wohl nur durch Veränderung der Chlorgewinnung herbeigeführt werden.

Dunlop nahm im Jahre 1853 in England ein Patent auf die Gewinnung von Chlorgas durch Zersetzung eines Gemenges von Kochsalz und Natronsalpeter durch Schwefelsäure. Zersetzt man diese beiden Salze durch Schwefelsäure, so entsteht schwefelsaures Natron, während Salpetersäure und Chlorwasserstoffsäure abgeschieden werden, und diese beiden zerfallen dabei gleichzeitig in Chlorgas, salpetrige Säure und Wasser, nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{2\,NaCl}_{\text{Kochsalz.}} + \underbrace{NaO.NO_5}_{\text{Salpetersaures Natron.}} + \underbrace{3\,HO.SO_3}_{\text{Schwefelsäure.}} = \underbrace{3\,NaO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Natron.}} + \underbrace{2\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoff.}} + \underbrace{HO\,NO_5}_{\text{Salpetersäure.}}$$

Oder:

$$\overbrace{4\,NaCl} + \overbrace{2\left.\begin{matrix}NO_4\\Na\end{matrix}\right\}O_2} + \overbrace{3\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4} = \overbrace{3\left.\begin{matrix}S_2O_4\\Na_2\end{matrix}\right\}O_4} + \overbrace{4HCl} + \overbrace{2\left.\begin{matrix}NO_4\\H\end{matrix}\right\}O_2}.$$

Und:

$$\underbrace{2\,HCl}_{\text{Chlorwasserstoff.}} + \underbrace{HO.NO_5}_{\text{Salpetersäure.}} = \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{NO_3}_{\text{Salpetrige Säure.}} + \underbrace{3\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

Oder:

$$\overbrace{4\,HCl} + \overbrace{2\left.\begin{matrix}NO_4\\H\end{matrix}\right\}O_2} = \overbrace{4\,Cl} + \overbrace{2\,NO_3} + \overbrace{3\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2}.$$

Man gewinnt daher ein Gemenge von Chlorgas und salpetriger Säure. Diese sind dadurch von einander zu trennen, daß man sie durch concentrirte Schwefelsäure passiren läßt, welche die Eigenschaft hat, die salpetrige Säure in großen Massen zu absorbiren, während sie Chlorgas nicht aufnimmt. Letzteres kann dann unmittelbar in die Absorptionskammern geleitet werden. Die Lösung der salpetrigen Säure in der Schwefelsäure verwendet man in der Schwefelsäurefabrikation, indem man sie mit Wasser mischt, wodurch die salpetrige Säure ausgetrieben wird und dann zur Uebertragung des atmosphärischen Sauerstoffs auf die schweflige Säure dient.

Es geht daraus hervor, daß man die Salzsäure bei diesem Proceß fast kostenfrei zersetzt und ferner, daß die Gesammtmenge der Salzsäure als Chlorgas gewonnen wird, während bei der gewöhnlichen Methode immer nur die Hälfte der Salzsäure ausgenutzt werden kann und die andere Hälfte als Chlormangan verloren geht. Andererseits erhellt aber auch, daß man diese Methode nur in dem Maße anwenden kann, als man Chilisalpeter bei der Bereitung der Schwefelsäure gebrauchen würde, da sie nur dann rentiren kann, wenn man die salpetrige Säure auszunutzen im Stande ist. Da aber die Menge des salpetersauren Natrons im Verhältniß zu der gewonnenen Menge Schwefelsäure sehr gering ist (man kann annehmen, daß man auf 300 Pfd. Schwefelsäure etwa 5 Pfd. Chilisalpeter zu verwenden hat), so ist es selbstverständlich, daß diese Chlorgewinnungsmethode die bislang übliche nicht zu verdrängen im Stande ist, sondern nur da benutzt werden kann, wo die Schwefelsäurefabrikation in so großem Maßstabe betrieben wird, daß durch die vorherige Benutzung des Salpeters eine wesentliche Ersparniß herbeigeführt werden kann. Aus diesem Grunde ist sie auch wohl erst in einer Fabrik, nämlich der von Tennant zu St. Rollox bei Glasgow, eingeführt, deren Verbrauch an Salpeter wöchentlich 160 Centner beträgt und wo aus diesem Quantum wöchentlich 240 Centner Chlorkalk producirt werden.

Der dazu verwandte Apparat besteht aus inwendig mit Steinen ausgesetzten eisernen Cylindern von 6 Fuß Durchmesser und 7 Fuß Länge, welche in einem Ofen eingemauert sind. Jeder Cylinder hält 12 Centner Salpeter und die erforderliche Menge Kochsalz und Schwefelsäure. Die Erhitzung wird nicht über 200 bis 240° C. gesteigert. Die Schwefelsäure wird mit einer Concentration von 60° B. und in solchem Verhältniß angewandt, um saures schwefelsaures Natron zu bilden. Dieses wird nach der Zersetzung in einen anderen Ofen gebracht, mit einer entsprechenden Menge Kochsalz gemischt und in neutrales schwefelsaures Natron verwandelt.

Die aus dem Cylinder entweichenden Gase gehen durch fünf mit einander verbundene zweihalsige Flaschen, die mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt sind und die salpetrige Säure zurückhalten. Das Chlorgas geht dann endlich noch durch einen mit nassen Kieseln gefüllten Thurm, um es von geringen Mengen von Salzsäure zu befreien, und gelangt so in die Absorptionskammern.

Nach Laurens erhält man das Chlorgas durch Erhitzung des Kupferchlorids, welches sich dabei in freies Chlor und Kupferchlorür spaltet. Das Kupferchlorid stellt man auf gewöhnliche Weise, durch Lösen von Kupferoxyd, Kupferhammerschlag, natürlich vorkommendem kohlensaurem Kupferoxyd in Salzsäure dar, verdampft die Lösung fast zur Trockne, mischt den Rückstand mit Sand und trocknet völlig aus. Diese trockne Mischung wird in thönerne oder eiserne, inwendig mit Thon ausgesetzte Retorten gebracht und stark erhitzt, wobei das Chlor entweicht. Der Rückstand wird mit Salzsäure befeuchtet der Luft ausgesetzt, wobei das Chlorür Sauerstoff aufnimmt und sich in ein Gemenge von Kupferchlorid und Kupferoxyd verwandelt, welches mit mehr Salzsäure übergossen und von Neuem zur Trockne verdampft wird, wobei es vollständig in Kupferchlorid übergeht, das dann wieder zersetzt wird. Barreswil, der über diesen Proceß berichtet (Répertoire de Chimie appliquée 3, 110), begleitet ihn mit folgenden sehr zutreffenden Bemerkungen: Die Vortheile dieses Verfahrens bestehen darin, daß man die Hälfte der Salzsäure erspart und dabei den zur Zersetzung der Salzsäure dienenden Stoff immer wieder gewinnen kann. Dagegen ist aber jedenfalls der hohe Preis des Kupfers ein Nachtheil, der um so beträchtlicher wird, da man in der Fabrikation stets unvermeidlichen Verlusten ausgesetzt ist, und endlich ist noch zu berücksichtigen, daß die Kupfersalze sehr giftig sind und daher der unvermeidlich sich bildende Staub höchst nachtheilig auf die Gesundheit der Arbeiter wirken muß.

Eine andere höchst interessante Methode ist von Schlösing beschrieben (Répertoire de Chimie appliquée 2, 339; Chem. Centralbl. 1863, 7). Sie ist darauf begründet, daß ein Gemisch von Salpetersäure und Salzsäure mit Mangansuperoxyd, sobald gewisse Grenzen der Concentration nicht überschritten werden, beim Erwärmen zerfällt in Chlor, salpetersaures Manganoxydul und Wasser und daß das salpetersaure Manganoxydul beim Erhitzen sich zersetzt in Mangansuperoxyd und Untersalpetersäure, von denen die letztere in Berührung mit Luft und Wasser wieder in Salpetersäure zurückgeführt wird.

Die dabei auftretenden Zersetzungen lassen sich durch folgende Gleichungen darstellen:

$$1)\quad \underbrace{HCl}_{\text{Chlorwasserstoff.}} + \underbrace{HO.NO_5}_{\text{Salpetersäure.}} + \underbrace{MnO_2}_{\text{Mangansuperoxyd.}}$$

$$= \underbrace{Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{MnO.NO_5}_{\text{Salpetersaures Manganoxydul.}} + \underbrace{2\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

$$2)\quad \underbrace{MnO.NO_5}_{\text{Salpetersaures Manganoxydul.}} = \underbrace{MnO_2}_{\text{Mangansuperoxyd.}} + \underbrace{NO_4}_{\text{Untersalpetersäure.}}$$

$$3)\quad \underbrace{NO_4}_{\text{Untersalpetersäure.}} + \underbrace{O}_{\text{Sauerstoff.}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{HO.NO_5}_{\text{Salpetersäure.}}$$

Es kann mithin Alles wieder gewonnen werden und man kann sagen, daß die Oxydation der Salzsäure ausschließlich auf Kosten des Sauerstoffs der Luft bewirkt werde.

Bei einem Versuche verwandte Schlösing eine Mischung von 4 Aeq. Salpetersäure (von 50,5 Proc. NO_5) und 3 Aeq. Salzsäure (von 39,7 Proc. HCl), die mit $^1/_7$ ihres Volums Wasser vermischt war. Die Flüssigkeit wurde im Chlorcalciumbade erhitzt, welches schließlich bei 122° C. ins Sieden kam, und das Gas in Kalilösung geleitet. Bei zwei Versuchen ergab sich, daß von dem in der Salzsäure enthaltenen Chlor 96 und 90 Proc. gewonnen wurden.

Das salpetersaure Manganoxydul fängt schon an bei 150° C. sich zu zersetzen und wird bei 195° C. vollständig in Mangansuperoxyd verwandelt. Das zurückbleibende Product entsprach einem Superoxydgehalt von 93,3 Proc. Von der angewandten Salpetersäure wurden

dabei, bei einem in kleinem Maßstabe angestellten Versuch, 91 Proc. wieder gewonnen.

Diese Methode ist gewiß aller Beachtung werth und sollte in größerem Maßstabe versucht werden.

Wiedergewinnung des Mangansuperoxyds aus dem Manganchlorür. In Folge der immer größer werdenden Ausdehnung der Chlorkalkfabrikation sind in den letzten Jahren die Preise des Braunsteins so gestiegen, daß die Verwerthung der Rückstände der Chlorentwicklung und namentlich die Wiedergewinnung des Mangansuperoxyds aus dem Chlorür fast zur Nothwendigkeit wird, und sollte der Consum, wie nicht anders zu erwarten ist, sich noch mehr steigern, so wird man diese nicht mehr umgehen können.

Dunlop und fast gleichzeitig Balmain ließ sich eine Methode für England patentiren, die darin besteht, daß man die saure Flüssigkeit zunächst mit so viel kohlensaurem Ammoniak versetzt, bis alle freie Säure neutralisirt und alles Eisenoxyd ausgefällt ist. Die vom Eisenoxydhydrat abgezogene Flüssigkeit wird dann mit kohlensaurem Ammoniak versetzt bis zur schwach alkalischen Reaction, wodurch alles Mangan als kohlensaures Oxydulsalz ausgefällt wird, während die Lösung Salmiak enthält, welcher für sich verwerthet wird. Es braucht dazu natürlich kein reines kohlensaures Ammoniak genommen zu werden, sondern man kann Gaswasser oder die bei der Destillation von Knochen 2c. gewonnene Flüssigkeit anwenden. Das kohlensaure Manganoxydul wird getrocknet und unter Zutritt der Luft im Muffelofen geröstet, wobei es in oxydulhaltiges Superoxyd oder wohl vielmehr in ein Gemenge von Oxyduloxyd mit Superoxyd übergeht.

Später ist die Methode dahin modificirt, daß man die Zersetzung nicht mehr mit kohlensaurem Ammoniak, sondern mit kohlensaurem Kalk ausführt. Die saure Flüssigkeit wird mit einem geringen Ueberschuß von kohlensaurem Kalk vermischt, wodurch alle freie Säure neutralisirt und alles Eisenoxyd abgeschieden wird. Die von diesem abfiltrirte Flüssigkeit wird nun in einen Kessel gebracht, mit so viel fein gepulvertem kohlensaurem Kalk vermischt, als zur Zersetzung erforderlich ist, und nach dem Verschluß des Kessels Dampf eingeleitet, bis die Spannung 4 Atmosphären beträgt. Der kohlensaure Kalk, welcher bei gewöhnlicher Temperatur unwirksam ist, zersetzt bei dieser Temperatur und unter dem Druck das Manganchlorür vollständig in kohlensaures Manganoxydul und Chlorcalcium. Das unlösliche kohlensaure Manganoxydul wird ausgewaschen, durch Filtration von dem meisten Wasser befreit und dann als Teig in einen Muffelofen gebracht, den man allmälig bis auf etwa 300° C. heizt. Dieser Temperatur setzt man es etwa drei Stunden lang aus. Das Salz giebt dabei seine Kohlensäure ab und nimmt Sauerstoff auf, wobei es sich immer dunkler färbt, bis es zuletzt ganz schwarz erscheint. Ein von Zeit zu Zeit in die Muffel geleiteter Dampfstrahl befördert die Zersetzung sehr. Das Product entspricht bei richtiger Leitung der Operation einem Superoxydgehalt von 73 Proc.

Nach Gatty und Macqueen erhitzt man Kalkmilch durch einströmenden Dampf zum Sieden, bläst zu gleicher Zeit Luft hindurch und läßt die Manganchlorürlösung langsam zufließen. Durch den Kalk wird Manganoxydulhydrat abgeschieden, welches durch den Sauerstoff der Luft sofort in Superoxyd übergeführt werden soll. Bei Anwendung von erhitzter Luft (von 100 bis 300° C.) soll die Reaction noch weit günstiger verlaufen wie mit kalter Luft. Der Niederschlag wird von der Chlorcalciumlösung befreit, dann mit etwas ganz verdünnter Salzsäure angerührt, um eine geringe Menge kohlensauren Kalk auszuziehen, endlich mit Wasser ausgewaschen und getrocknet. Da das so fein vertheilte und nicht cohärente Superoxyd beim Uebergießen mit Salzsäure zu stürmisch Chlor entwickelt, so ist es nach den Erfindern zweckmäßig, dasselbe mit einer concentrirten Manganchlorürlösung anzufeuchten und dann scharf zu trocknen. Das Manganchlorür krystallisirt dabei und kittet das Pulver zu festen Stücken zusammen.

Nach Gatty verdampft man das Manganchlorür zur Syrupsconsistenz und vermischt es dann mit salpetersaurem Natron. Bei gelinder Glühhitze entweicht salpetrige Säure, die zur Schwefelsäurefabrikation benutzt wird, und es bleibt Mangansuperoxyd und Chlornatrium zurück, von denen das letztere durch Waschen mit Wasser entfernt wird. Nach Péan de St. Gilles soll aber das Superoxyd nicht durch Auswaschen vom Chlor zu befreien sein, sondern bis über 11 Proc. Chlor zurückhalten. Da Manganchlorür mit salpetersaurem Natron sich in salpetersaures Manganoxydul und Chlornatrium zersetzt, so stimmt diese Methode im Wesentlichen mit der Regenerationsmethode von Schlösing überein.

Prüfung des Chlorkalks, Chlorometrie. Der Werth des Chlorkalks ist ausschließlich abhängig von der Menge des darin in Form von unterchloriger Säure enthaltenen Chlors. Wäre der Chlorkalk die einfache Verbindung CaO . ClO + CaCl, so würde er bei der Behandlung mit irgend einer einbasischen Säure gerade auf zerfallen in 2 Atome Chlor und 2 Atome Kalksalz, bei der Behandlung mit einer zweibasischen Säure lieferte er dieselben Zersetzungsproducte, aber dann nur 1 Atom Kalksalz. Je nachdem man die Schwefelsäure als ein- oder als zweibasische Säure betrachtet, kann man diese Zersetzung in demselben Beispiel zeigen:

$$\underbrace{CaO.ClO + CaCl}_{\text{Chlorkalk.}} + \underbrace{2HO.SO_3}_{\text{Schwefelsäure.}} = \underbrace{2Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{2CaO.SO_3}_{\text{Schwefelsaurer Kalk.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Wasser.}}$$

Oder:

$$\overbrace{\left.\begin{matrix}Cl\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 + CaCl} + \overbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4} = \overbrace{2Cl} + \overbrace{\left.\begin{matrix}S_2O_4\\Ca_2\end{matrix}\right\}O_4} + \overbrace{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2}$$

Die unterchlorige Säure wirkt bei ihrer Abscheidung daher derart zersetzend auf das Chlorcalcium, welches stets im Chlorkalk enthalten ist, daß das Chlor desselben in Freiheit gesetzt wird; mithin sollte man im Chlorkalk

ebensoviel wirksames Chlor haben, als in Form von Chlorgas in die Absorptionskammer geleitet ist. Dieses ist aber nicht streng zutreffend, denn der Chlorkalk enthält stets etwas mehr Chlorcalcium, als der oben angegebenen Formel entspricht, und sehr häufig auch geringe Mengen von chlorsaurem Kalk. Das in dieser Form vorhandene Chlor ist aber für den Consumenten ohne allen Werth. Dazu kommt nun noch, daß es in der Praxis ganz unmöglich ist, einen Chlorkalk herzustellen, der vollständig mit Chlor gesättigt ist. Enthielte der Chlorkalk einfach die Elemente von 2 Aeq. Kalkhydrat und 2 Aeq. Chlor, so müßte er 49 Proc. wirksames Chlor enthalten. Nun ist aber der gebrannte Kalk nicht allein nie chemisch rein, sondern es gelingt auch nie, alles vorhandene Kalkhydrat mit Chlor zu verbinden. Statt der 49 Proc. wirksamen Chlors, welche der Chlorkalk enthalten sollte, ist man zufrieden, wenn man durchschnittlich einige 30 Proc. hat, ja es kommt Chlorkalk genug vor, welcher nicht mehr wie 20 bis 25 Proc. hält.

Unter diesen Umständen ist es durchaus erforderlich, den Chlorkalk beim Ankauf und Verbrauch genau zu prüfen. Die hierzu dienenden analytischen Methoden bezeichnet man als die Chlorometrie oder Chlorimetrie. Die erste chlorometrische Methode wurde von Gay-Lussac, dem Begründer der Titrirkunst, eingeführt. Seit der Zeit sind aber eine Menge anderer Methoden erdacht, welche die Gay-Lussac'sche bereits vollständig verdrängt haben. Aber auch von allen übrigen haben sich nur zwei erhalten, die ältere von Graham-Otto und die neuere von Mohr.

Die Graham-Otto'sche Methode ist darauf begründet, daß 2 Aeq. Eisenoxydul, 1 Aeq. Chlor und 1 Aeq. Wasser sich zersetzen in Eisenoxyd und Chlorwasserstoffsäure, nach folgender Gleichung:

$$2\,FeO + Cl + HO = Fe_2O_3 + HCl.$$

Da man den Uebergang eines Eisenoxydulsalzes in ein Eisenoxydsalz leicht und scharf nachweisen kann, so läßt sich der Chlorgehalt einer Flüssigkeit darnach scharf bestimmen.

Das Eisenoxydulsalz, welches am leichtesten chemisch rein darstellbar ist und auch seiner übrigen Eigenschaften wegen sich am besten zu dieser Bestimmung eignet, ist der Eisenvitriol: $FeO\,.\,SO_3 + 7\,HO$. Sein Atomgewicht ist 139, es wird mithin die doppelte Menge oder 278 Th. durch 1 Atom oder 35,5 Th. Chlor in Eisenoxydsalz verwandelt werden. Die Atomgewichte 35,5 und 278 stehen unter einander in dem Verhältniß wie 5 : 39, mithin sind 5 Gewichtstheile Chlor erforderlich, um 39 Th. Eisenvitriol zu oxydiren, oder was dasselbe ist 0,5 Th. und 3,9 Th.

Der käufliche Eisenvitriol enthält meist Spuren von Oxydsalz und läßt sich auch schwierig hinreichend fein pulvern, um sich bequem abwägen zu lassen. Man stellt sich daher am besten den Eisenvitriol selbst dar. Eiserne Nägel u. dergl. werden in verdünnter Schwefelsäure gelöst; nachdem die Gasentwicklung, von entweichendem Wasserstoff, nachgelassen hat, filtrirt man die Lösung in ein geräumiges, halb mit Alkohol gefülltes Glas, so daß die Tropfen aus dem Trichter unmittelbar in den Alkohol fließen. Der Eisenvitriol ist im Alkohol unlöslich, er wird daher, sobald seine Lösung mit dem Alkohol in Berührung kommt, abgeschieden und fällt in Form eines bläulich grünen Krystallpulvers zu Boden. Dieses Pulver sammelt man auf einem Filter, wäscht es mit Alkohol und läßt es dann auf einer Unterlage von Fließpapier, auf einem porösen Stein bei gewöhnlicher Stubentemperatur trocknen, bis es nicht mehr nach Alkohol riecht. Das so erhaltene Pulver verwahrt man in kleinen, mit gut eingeschliffenen Glasstöpfeln versehenen Flaschen zum Gebrauch auf. Obgleich es weit feiner zertheilt ist, wie ein künstlich zerriebener Eisenvitriol, so unterscheidet es sich doch von jenem vortheilhaft dadurch, daß es an der Luft sich äußerst langsam verändert, während jener rasch oxydhaltig wird.

Von dem Eisenvitriol werden 3,9 Grm. abgewogen, in etwa 50 C.-C. Wasser gelöst und mit einigen Tropfen Schwefelsäure angesäuert. Andererseits werden 5 Grm. Chlorkalk abgewogen und in einer mit Ausguß versehenen Porzellanreibschale mit wenig Wasser zu einem ganz gleichförmigen Brei verrieben. Auf dieses Verreiben ist die allergrößte Sorgfalt zu verwenden, damit eine ganz gleichmäßige Vertheilung des Chlorkalks in dem Wasser stattfindet und nicht die geringsten Klümpchen bleiben. Durch allmäligen Zusatz von mehr Wasser verdünnt man den Brei zu einer Milch, die man in ein Rohr gießt, welches unten geschlossen und in 100 gleiche Raumtheile getheilt ist. Wie groß diese Raumtheile sind, ist unwesentlich, sobald sie nur unter einander gleich sind, doch giebt man ihnen gewöhnlich die Größe eines halben Cubikcentimeters, so daß das Rohr bis oben 50 C.-C. faßt.

Nach dem Ausgießen der Chlorkalkmilch in das Meßrohr spült man den Mörser wiederholt mit kleinen Mengen von Wasser nach, gießt diese ebenfalls in das Rohr, bis gerade der Nullpunkt erreicht ist, und mischt dann die ganze Flüssigkeit, indem man die Oeffnung des Rohrs mit dem Ballen der rechten Hand schließt und kräftig schüttelt. Das Ganze muß dann eine gleichmäßig milchige Flüssigkeit darstellen, in der keine Klümpchen vertheilt sind.

Von dieser Flüssigkeit gießt man nun unter stetem starkem Umrühren in die Eisenvitriollösung und prüft von Zeit zu Zeit, ob noch unzersetztes Eisenoxydulsalz vorhanden ist. Man hebt dazu mit einem Glasstabe einen Tropfen der Flüssigkeit heraus und mischt ihn auf einem weißen Teller mit einem Tropfen Ferridcyankaliumlösung. So lange noch viel Oxydulsalz vorhanden ist, entsteht ein intensiv blauer Niederschlag, in dem Maße wie das Oxydsalz sich vermehrt wird die Färbung mehr und mehr grün, bis zuletzt bei reinem Oxydsalz eine braungelbe Färbung eintritt. Dieser allmälige Uebergang der Färbung giebt einen Anhalt über die fortschreitende Zersetzung und zugleich über die Menge der zuzugebenden Chlorkalklösung. So lange die Farbe des Niederschlages noch blau ist, kann man unbedenklich noch 5 Raumtheile der Lösung zugeben, ohne zu prüfen, nach und nach muß man aber nach wenigen Tropfen die Probe vornehmen.

Die Ferridcyankaliumlösung darf nicht lange aufbewahrt werden, sondern muß häufig erneuert werden, weil

sie sich allmälig zersetzt und dann Ferrocyankalium enthält. Letzteres giebt aber mit eisenoxydhaltigen Flüssigkeiten ebenfalls blaue Niederschläge, so daß man bei einer solchen Flüssigkeit die Operation kaum zu Ende bringen kann, jedenfalls aber ganz fehlerhafte Resultate erhält.

Um nun den Chlorgehalt des Chlorkalks zu erfahren, hat man zu berücksichtigen, daß die 3,9 Grm. des angewandten Eisenvitriols genau 0,5 Grm. Chlor zur Oxydation erfordern. In der Menge der verbrauchten Flüssigkeit war mithin 0,5 Grm. Chlor enthalten, man hat demnach nur zu berechnen, wieviel Chlor in der Gesammtmenge der Flüssigkeit enthalten war. Seien y Raumtheile der Chlorkalkmilch verbraucht, so verhalten diese sich zu 100 Raumtheilen, wie 0,5 Grm. Chlor zu der in 100 Raumtheilen enthaltenen Menge Chlor, oder:

$$y : 100 = 0{,}5 : x.$$

Seien z. B. 34 Raumtheile Chlorkalklösung verbraucht, so ist $\frac{100 \,.\, 0{,}5}{34} = x = 1{,}47$, oder die in 5 Grm. Chlorkalk enthaltene Menge wirksames Chlor. Da man 5 Grm. angewandt hat, so braucht man den Werth von x nur mit 20 zu multipliciren, um den Chlorgehalt von 100 Grm. oder den Procentgehalt zu finden, also in diesem Falle 1,47 . 20 = 29,4 Proc.

Man kann die Rechnung vereinfachen, indem man für die drei constanten Zahlen 100 . 0,5 . 20 ihren Werth setzt und diesen durch die jedesmalige Zahl der verbrauchten Raumtheile Flüssigkeit dividirt, also $\frac{100 \,.\, 0{,}5 \,.\, 20}{y} = \frac{1000}{y}$ oder hier $\frac{1000}{34} = 29{,}4$.

Bei der Ausführung der Chlorkalkprüfung nach dieser Methode bemerkt man bei jedesmaligem Zusatz der Chlorkalklösung einen deutlichen Chlorgeruch, der namentlich stark auftritt, wenn man etwas rasch eingießt. Da man den Gehalt an Chlor aber messen will, so bezeichnet jeder Chlorgeruch einen Verlust, der die Bestimmung mehr oder weniger ungenau machen muß. Da die Ungenauigkeit der Methode aber einen geringeren als den wirklichen Werth nachweist, so fällt die Bestimmung immer zu Ungunsten des Fabrikanten aus.

Wenigstens ebenso leicht ausführbar ist die ursprünglich von Penot eingeführte und später von Mohr verbesserte Methode, welche absolut genaue Werthe finden läßt. Sie gründet sich darauf, daß arsenige Säure durch Chlor in alkalischer Lösung in Arsensäure übergeführt wird und daß man die dabei im Ueberschuß angewandte arsenige Säure leicht durch Jod bestimmen kann, nach der Gleichung:

$$\underbrace{AsO_3}_{\text{Arsenige Säure.}} + \underbrace{2\,Cl}_{\text{Chlor.}} + \underbrace{2\,NaO}_{\text{Natron.}} = \underbrace{AsO_5}_{\text{Arsensäure.}} + \underbrace{2\,NaCl}_{\text{Chlornatrium.}}$$

Bei der Zersetzung mit Jod findet genau derselbe Vorgang Statt, es braucht deshalb eine besondere Gleichung nicht aufgestellt zu werden.

Es ist dieser Methode der Vorwurf gemacht, daß die arsenige Säure giftig sei und daher leicht Gefahren herbeiführen könne. Das scheint doch wohl allzuviel Besorgniß zu sein! Kämen die Reagentien in Jedermanns Hände, so wären die Bedenken gerechtfertigt; da die Untersuchungen aber nur von solchen Leuten ausgeführt werden, die die Bedeutung der arsenigen Säure kennen, so kann man sie getrost anwenden.

Man gebraucht zwei Meßflüssigkeiten, arsenige Säure und eine der arsenigen Säure äquivalente Jodlösung.

Das Atomgewicht der arsenigen Säure ist 99, da 1 At. arseniger Säure bei diesen Prüfungen aber äquivalent mit 2 At. Jod oder 2 At. Chlor ist, insofern 2 At. Jod und Chlor erforderlich sind, um 1 At. arsenige Säure zu oxydiren, so halbirt man ihr Atomgewicht, um sie 1 At. Chlor äquivalent zu machen. $\frac{99}{2} = 49{,}5$ Grm. arsenige Säure zum Liter gelöst, würde eine einatomige Normallösung sein und 35,5 Grm. Chlor oder 127 Grm. Jod entsprechen. Diese Concentration hat aber manche Unbequemlichkeiten, man verdünnt deshalb um das Zehnfache mit Wasser und wägt für eine zehntelatomige Lösung 4,95 Grm. arsenige Säure ab, um sie unter Zusatz von reinem kohlensaurem Natron zu einem Liter Flüssigkeit zu lösen. 100 C.-C. dieser Lösung entsprechen dann 0,355 Grm. Chlor, oder hat man 0,355 Grm. Chlorkalk abgewogen, so entspricht jeder Cubikcentimeter einem Procent wirksamem Chlor.

Die zu verwendende arsenige Säure muß chemisch rein sein, eine Probe davon muß sich bei gelindem Erhitzen auf dem Platinblech vollständig verflüchtigen. Die in großen glasigen oder porzellanartigen Stücken in den Handel kommende Säure ist meistens frei von jeder Spur von Unreinigkeiten, nicht so die pulvrige oder das sogenannte Giftmehl. Man sollte deshalb nur die großen Stücke wählen und von diesen sich für eine Reihe von Bestimmungen gleich einen größeren Vorrath durch Zerstoßen im eisernen bedeckten Mörser pulvern.

Die genau gewogene Menge der arsenigen Säure wird in die Literflasche geschüttet, etwa 20 bis 25 Grm. reines krystallisirtes kohlensaures Natron oder besser etwa 15 Grm. reines doppelt kohlensaures Natron hinzugefügt und mit 200 C.-C. Wasser zum Kochen erhitzt, wobei die arsenige Säure sich löst, das kohlensaure Natron zersetzt und arsenigsaures Natron bildet. Es ist ziemlich langes Erhitzen erforderlich. Sobald Alles gelöst ist, läßt man die Flüssigkeit erkalten und giebt dann so viel Wasser hinzu, daß die Literflasche bei einer Temperatur von 17° C. bis zur Marke gefüllt ist. Durch Umschütteln wird die Flüssigkeit vollständig gemischt. Sollte sie nicht ganz klar sein, so läßt man sie jetzt, nachdem sie auf ihren richtigen Titer gebracht ist, durch ein faltiges Filter in die Vorrathsflasche laufen.

Bei der Darstellung der Probeflüssigkeit ist es durchaus erforderlich, daß außerdem, daß die arsenige Säure chemisch rein ist, auch das kohlensaure Natron wenigstens absolut frei von jeder Spur von Schwefelalkali sei. Die gewöhnliche krystallisirte Soda enthält sehr häufig geringe Mengen davon, die spurenweis auch in das mehrfach umkrystallisirte reine kohlensaure Natron übergehen können. Im doppelt kohlensauren Natron ist aber durch die Einwirkung der Kohlensäure das Schwefelnatrium zersetzt und aus diesem Grunde ist dieses Salz

namentlich wenn man das im Handel vorkommende erst noch mit kaltem Wasser gewaschen hat, weit mehr geeignet, wie das einfach kohlensaure Salz. Die geringste Menge von Schwefelnatrium kann leicht die Zersetzung der ganzen Arsenlösung bewirken, indem das Schwefelnatrium sich in Berührung mit Luft oxydirt und dann die Oxydation auch auf die arsenige Säure überträgt, welche sonst, sobald nicht die Oxydation durch das Schwefelnatrium eingeleitet wird, vollkommen unveränderlich ist.

Zur Bereitung der Jodlösung wägt man 12,7 Grm. Jod genau ab. Das sogenannte raffinirte oder Pariser Jod in großen Krystallen ist chemisch rein und kann ohne Weiteres benutzt werden. Dieses Jod giebt man in die Literflasche, fügt etwa 18 Grm. Jodkalium hinzu und übergießt mit Wasser, wodurch sich das Jod in dem Jodkalium leicht löst. Die Flüssigkeit wird nun bei der Normaltemperatur von 17° C. mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt, gut geschüttelt, in kleine mit eingeschliffenen Glasstöpseln versehene Flaschen vertheilt und an einem kühlen Orte aufbewahrt.

Außerdem gebraucht man noch als Indicator der erfolgten Zersetzung eine Stärkelösung, wozu man sich jeden dünnen Kleisters bedienen kann. Da der Kleister nach ganz kurzer Zeit unbrauchbar wird, so ist es zweckmäßiger, sich ein haltbares Stärkepräparat zu bereiten, welches man, nach Mohr, darstellt, indem man Stärkemehl mit etwas concentrirter Chlorzinklösung verreibt, wodurch sofort in der Kälte eine kleisterartige Masse entsteht. Diese wird mit Wasser verdünnt und kann dann sofort benutzt werden. Einen Theil dieses Stärkepräparats vermischt man mit etwas Jodkaliumlösung und tränkt damit feines schwedisches Filtrirpapier, trocknet es im Dunklen, zerschneidet es in kleine Streifen und bewahrt es zum Gebrauche auf.

Um nun die Prüfung auszuführen, wägt man die zehnfache Menge, also 3,55 Grm. Chlorkalk ab und verreibt ihn auf die oben beschriebene Weise mit Wasser zu einer dünnen gleichförmigen Milch. Weit leichter erreicht man die Vertheilung, indem man den Chlorkalk in ein starkes etwa 100 C.-C. fassendes, mit Glasstöpsel verschließbares Glas schüttet, welches fast bis zur Hälfte mit kleinen böhmischen Granaten gefüllt ist, und darin unter Zusatz von wenig Wasser schüttelt. Die Flüssigkeit gießt man von den Granaten ab in eine 500 C.-C. Flasche, gießt auf die Granaten Wasser, schüttelt wieder und wiederholt dieses so oft, bis sie ganz rein gewaschen sind. Alle Waschwasser kommen selbstverständlich in die 500 C.-C. Flasche, die schließlich bis zur Marke aufgefüllt wird. Von der wohlgemischten Flüssigkeit nimmt man mit einer Pipette 50 C.-C. und läßt diese in ein kleines Becherglas fließen. Auf diese Weise hat man die richtige Menge des zur Prüfung zu verwendenden Chlorkalks, nämlich 0,355 Grm. oder den zehnten Theil der abgewogenen Menge.

Aus einer mit Quetschhahn versehenen Bürette läßt man nun Arsenlösung zufließen. Nimmt man im Anfange mit einem Glasstabe ein Tröpfchen und bestreicht damit das Jodkaliumstärkepapier, so wird durch das Chlor Jod freigemacht und giebt sofort die bekannte blaue Jodreaction. Indem man von Zeit zu Zeit diese Prüfung wiederholt, bemerkt man, daß die Jodreaction immer schwächer wird, bis sie zuletzt ganz ausbleibt, ein Beweis, daß aller Chlorkalk zersetzt ist. Hätte man mit größter Vorsicht gearbeitet, so könnte man damit die Prüfung beenden, da die Menge der verbrauchten Arsenlösung das Maß für das Chlor ist. Man hat dann aber die stete Betüpfelung des Papiers vorzunehmen, was eben nicht angenehm ist. Man läßt deshalb gleich, ohne viel zu prüfen, einen Ueberschuß der Arsenlösung zufließen und überzeugt sich nur zuletzt durch Prüfen mit dem Papier, ob aller Chlorkalk zersetzt ist. Sobald dieses keine blaue Färbung mehr giebt, fügt man von der flüssigen Stärke einige Tropfen hinzu und läßt, um den Ueberschuß der Arsenlösung zu bestimmen, aus einer zweiten Bürette Jodlösung zufließen, und zwar so lange, bis die blaue Jodreaction in der Flüssigkeit eintritt und beim Schütteln nicht wieder verschwindet.

Die Jodlösung und die Arsenlösung sind einander äquivalent. Man braucht daher nur die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter Jodlösung von der Zahl der angewandten Cubikcentimeter Arsenlösung abzuziehen, um die Menge der zur Zersetzung erforderlichen Arsenlösung zu finden. Da die Menge des Chlorkalks so berechnet ist, daß jeder Cubikcentimeter Arsenlösung einem Procent wirksamem Chlor entspricht, so geben die Cubikcentimeter der Arsenlösung sofort den Procentgehalt des Chlorkalks.

Hat man einmal die titrirten Flüssigkeiten dargestellt, und man kann sich unbedenklich davon einen Vorrath für lange Zeit bereiten, so ist die Ausführung der Untersuchung so leicht und einfach, daß man sie jedem gewöhnlichen Arbeiter, der nur einigermaßen dazu geschickt ist, in die Hand geben kann. Es kommen dabei nicht so leicht Irrthümer vor, wie bei dem Graham-Otto'schen Verfahren. Aus langer Erfahrung können wir diese Prüfungsweise nicht genug empfehlen.

Stohmann.

Chloroform.

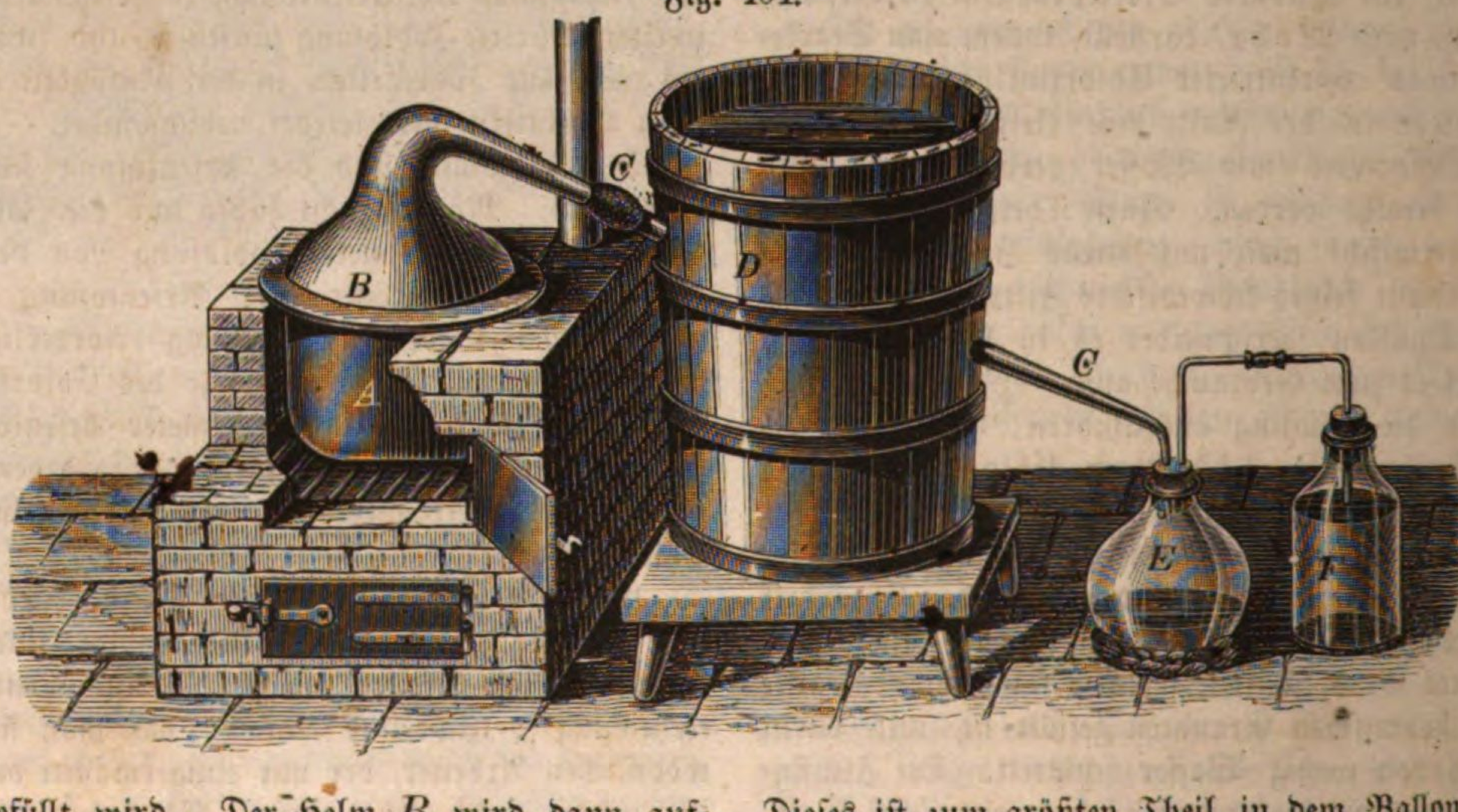
Chloroform. Das Chloroform wurde gleichzeitig im Jahre 1830 von Soubeiran und Liebig entdeckt und bald darauf von Dumas weiter studirt. Die Eigenschaft, durch welche es in neuerer Zeit so große Bedeutung erlangt hat, blieb aber lange unbekannt. Es war Dr. Simpson in Edinburg vorbehalten, die für die leidende Menschheit so wichtige Beobachtung zu machen, daß lebende Wesen durch Einathmung von Chloroformdämpfen in einen völlig bewußtlosen, gegen Schmerzen unempfindlichen Zustand versetzt werden können, ohne durch die Anwendung des Betäubungsmittels Schaden an der Gesundheit zu nehmen. Durch diese Entdeckung ist die Bereitung des Chloroforms aus den wissenschaftlichen Laboratorien in technische Werkstätten übergegangen und wird dasselbe jetzt in ebenso großem Maßstabe wie irgend chemisch-pharmaceutische Präparate dargestellt.

Das Chloroform wird durch Einwirkung von unterchlorigsaurem Kalk (Chlorkalk) auf viele organische Substanzen, als Alkohol, Holzgeist, Aceton, essigsaure Salze, flüchtige Oele, Essigsäure, Weinsäure, Ameisensäure, Oxalsäure, Benzoesäure, Aethyläther und Methyläther gebildet. Der Chlorkohlenstoff C_4Cl_6 liefert beim Erwärmen mit Zink und verdünnter Schwefelsäure Chloroform. Die einzige Methode, welche im Großen ausgeführt wird und welche die besten Resultate liefert, besteht in der Destillation des Alkohols mit Chlorkalk.

130 Pfd. Chlorkalk und 7 Pfd. gebrannter Kalk werden mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt, in eine geräumige Retorte von Steingut gebracht und dann 25 Pfd. rectificirter Weingeist hinzugefügt. Nachdem Alles durch Umrühren gut vermischt ist, wird der Helm aufgesetzt und lutirt und die Flüssigkeit durch einen nicht zu starken Dampfstrom gelinde erwärmt.

Oder man wendet 100 Pfd. 28procentigen Chlorkalk an, zertheilt diesen in 400 Pfd. Wasser, fügt dann $12\frac{1}{2}$ Pfd. 90procentigen Spiritus hinzu und bringt das Gemisch in den Kessel *A* des Destillationsapparats Fig. 404. Der Kessel ist so geräumig, daß er

Fig. 404.



nur halb gefüllt wird. Der Helm *B* wird dann aufgesetzt und mit dem Kühlrohr *C* und dem Kessel *A* durch ein Lutum luftdicht verbunden, worauf man den Apparat 12 Stunden lang der Ruhe überläßt. Am folgenden Morgen wird der Ballon *E* und die mit diesem durch eine Knieröhre verbundene Flasche *F* luftdicht an das untere Ende des Kühlrohrs gefügt und dann in dem Ofen ein gelindes Feuer angelegt. Sehr bald sieht man an der stürmischen Austreibung der Luft durch die gebogene Röhre, daß im Innern des Apparats eine heftige Einwirkung stattfindet, dann entfernt man das Feuer sogleich, weil die Reaction sonst so heftig werden würde, daß der Inhalt der Blase übersteigen könnte. Die Destillation geht dann fast bis zum Ende ohne Feuer vor sich, nur zuletzt bringt man die Flüssigkeit noch einmal zum Sieden. Die ganze Operation ist in 5 Stunden vollendet und liefert 7 Pfd. rohes Chloroform. Dieses ist zum größten Theil in dem Ballon *E* enthalten, eine kleine Menge, welche hier nicht verdichtet wurde, findet sich auf dem Boden der mit kaltem Wasser gefüllten Flasche *F*. Außer dem Chloroform geht noch etwas unzersetzter Alkohol und Wasser über, die sich in *E* ansammeln; diese wäßrige Lösung wird von dem schweren Chloroform abgegossen und am folgenden Tage wieder in die Blase zurückgegeben.

Das rohe Chloroform wird mehrere Male mit Wasser, welches etwas kohlensaures Natron gelöst enthält, geschüttelt, um Alkohol und Spuren von Chlorwasserstoffsäure aufzunehmen, dann von diesen durch einen Heber getrennt und zweimal im Wasserbade über concentrirte Schwefelsäure destillirt.

Das Chloroform bildet dann eine völlig klare, wasserhelle Flüssigkeit von 1,495 bis 1,500 spec. Gew. bei 15°, es hat einen sehr angenehmen, süßlichen Geruch

und Geschmack, ist in Wasser nur sehr wenig löslich, mit Alkohol und Aether aber in jedem Verhältnisse mischbar. Es siedet, nach Liebig, in Berührung mit Platindraht bei 27″ 7‴ Luftdruck in einem trocknen Gefäß bei 60,8°, bei Gegenwart von Wasser aber schon bei 57,3°. Die Dampfdichte ist nach Dumas gleich 4,192, nach Regnault 4,230.

Die Spannkraft der Chloroformdämpfe ist, nach Regnault, in Millimetern Quecksilberhöhe bei:

+ 20°	160,47	+ 100°	2426,52
+ 30	245,91	+ 110	3106,83
+ 40	366,20	+ 120	3916,17
+ 50	530,96	+ 130	4865,65
+ 60	751,01	+ 140	5965,76
+ 70	1038,09	+ 150	7226,49
+ 80	1404,57	+ 160	8657,72
+ 90	1863,12	+ 165	9440,40

Es löst Phosphor und Schwefel in geringem Grade, leicht Jod, Brom, Kampher, Kautschuk, Guttapercha, Wachs, Bernstein, Copal, die meisten Harze und Alkaloide. Mit Guttapercha bildet es eine klare Flüssigkeit, die beim Verdunsten eine farblose Membran zurückläßt; man hat diese Lösung als ein Substitut für das Collodium empfohlen, sie scheint aber bis jetzt keine bedeutende Anwendung gefunden zu haben. Das Chloroform läßt sich nicht durch eine genährte Flamme entzünden, es brennt aber mit grüner Flamme, wenn man es auf glühende Kohlen gießt. Das Chloroform wurde von Soubeiran, Dumas, Liebig u. A. analysirt; sie fanden, daß seine Zusammensetzung mit der Formel C_2HCl_3 übereinstimmt:

			Procentische Zusammensetzung
2 Aeq.	Kohlenstoff	12	10,04
1 „	Wasserstoff	1	0,84
3 „	Chlor	106,5	89,12
1 Aeq.	Chloroform	119,5	100,00

Es läßt sich daher als ein Formylsuperchlorid betrachten, d. h. als wasserfreie Ameisensäure, in der 3 Aeq. Sauerstoff durch 3 Aeq. Chlor vertreten sind:

Wasserfreie Ameisensäure ..... C_2HO_3
Chloroform .... C_2HCl_3.

Oder als Bichlormethylchlorür, d. h. ein Methylchlorür, in welchem 2 At. Wasserstoff durch 2 At. Chlor vertreten sind:

Methylchlorür .... C_2H_3Cl
Bichlormethylchlorür .... $C_2\underbrace{HCl_2}Cl$.

Das reine Chloroform wird von concentrirter Schwefelsäure in der Kälte nicht zersetzt, es darf daher von dieser nicht geschwärzt werden. Durch trocknes Chlorgas wird es in Chlorwasserstoffsäure und den Chlorkohlenstoff C_2Cl_4 verwandelt. Von Salpetersäure wird es nur langsam unter Entwicklung von wenig rothen Dämpfen angegriffen. Die Dämpfe des Chloroforms über rothglühendes Kupfer oder Eisen geleitet liefern eine metallische Chlorverbindung, unter Abscheidung von Kohlenstoff und Entwicklung des Kohlenwasserstoffs Acetylen C_4H_2 (Berthelot). Es läßt sich unverändert über Kalium und Natrium destilliren; wenn diese Metalle aber in feinem Dampfe erhitzt werden, so findet eine Explosion unter Bildung von Chlorkalium oder Chlornatrium und Abscheidung von Kohle Statt. Von einer wäßrigen Lösung von Kali oder Natron wird es nur langsam zersetzt, wenn man es aber mit einer alkoholischen Lösung dieser Basen kocht, so bildet es sehr rasch ameisensaures Salz und Chlorkalium oder Chlornatrium. Erhitzt man alkoholische Kalilösung mit Chloroform in zugeschmolzenen Röhren eine Woche lang auf 100°, so tritt weitere Zersetzung ein und es bildet sich Aethylengas (Berthelot). Mit alkoholischem Ammoniak zersetzt es sich in Chlorammonium und Cyanammonium (Cloëz). Mit Anilin auf 180 bis 190° in zugeschmolzenen Röhren erhitzt, giebt es salzsaures Anilin und Formyldiphenyldiamin (Hofmann).

Ein Hauptbedingniß für die sichere und unschädliche Wirkung des Chloroforms ist eine unbedingte Reinheit desselben und hierauf hat daher der Fabrikant sowie der Consument vorzüglich zu achten. Die Prüfung des Chloroforms ist sehr einfach, das Hauptkriterion für seine Reinheit ist sein specifisches Gewicht; sobald dieses niedriger wie 1,490 bis 1,500 ist, ist man sicher, daß dem Präparat Alkohol oder andere Substanzen beigemischt sind, und sollte es dann sogleich verwerfen. Ein anderer Prüfstein ist der Geruch; einige Tropfen auf die Hand gegossen, müssen rasch verdampfen und dabei den bekannten angenehmen Geruch verbreiten, ist dieser dagegen kratzend oder sauer, so ist eine Zersetzung eingetreten, die das Chloroform ebenfalls unbrauchbar macht und bei der Anwendung desselben die übelsten Folgen hervorrufen würde.

Die Anwesenheit selbst geringer Quantitäten von Alkohol lassen sich leicht durch die reducirende Wirkung auf Chromsäure entdecken. Man bringt zu diesem Zwecke einige Milligramme zweifach chromsaures Kali in eine Proberöhre, fügt 4 bis 5 Tropfen concentrirte Schwefelsäure hinzu, erwärmt sehr gelinde, bis die gelbrothe Farbe des Salzes in ein schönes Rubinroth übergeht, und löst dann die frei gewordene Chromsäure in etwas Wasser auf. Hierauf gießt man so viel Chloroform in die Röhre, daß dieses eine Schicht von 1½ bis 2 Zoll Höhe bildet, schüttelt einige Zeit lang, um die beiden Flüssigkeiten zu vermischen, und überläßt dann das Ganze der Ruhe. Wenn das Chloroform 5 Procent Alkohol enthält, so nimmt die wäßrige Schicht sehr bald die schöne dunkelgrüne Farbe der Chromoxydsalze an, während das Chloroform nur wenig gefärbt erscheint. Ein vollkommen reines Chloroform bringt kaum eine grünliche Färbung hervor, während die Lösung der Chromsäure ihre rothe Farbe behält. Aether verhält sich in dieser Hinsicht ebenso wie Alkohol.

Geringere Mengen von Alkohol wie 1 bis 3 Proc. machen das Chloroform trübe, dieses erscheint namentlich, wenn man es bis nahe zum Gefrieren des Wassers abkühlt; 5 bis 10 Proc. Alkohol machen es wieder klar, verringern aber das specifische Gewicht schon so bedeutend, daß man die Gegenwart desselben dadurch leicht erkennen kann.

Nach Boussin erkennt man eine Beimischung von Alkohol, Aether oder Holzgeist leicht daran, daß das Chloroform dunkel gefärbt wird, wenn man es mit dem von ihm dargestellten (später von Porczinsky studirten) Eisendoppelnitrosulfuret schüttelt, während rei-

nes Chloroform farblos bleibt. Diese Prüfungsmethode ist auch von anderer Seite empfohlen worden. Man erhält das Eisenbinitrosulfuret, indem man Schwefelammonium mit salpetrigsaurem Alkali mischt, tropfenweis Eisenchlorid zusetzt und zum Kochen erhitzt, wobei sich der zuerst entstandene Niederschlag fast vollständig auflöst; nach der Filtration und dem Erkalten scheiden sich kleine schwarze Krystalle der Verbindung aus.

Nach Hardy läßt sich Alkohol in Chloroform durch metallisches Natrium nachweisen. In reinem Chloroform bleibt Natrium vollkommen unverändert. In alkoholhaltigem wird es aber unter Entwicklung von Wasserstoff, Sumpfgas und Kohlenoxydgas gelöst; Holzgeist veranlaßt die Entwicklung von Wasserstoffgas und Kohlenoxyd.

Bremon hat nach seinen Versuchen eine Tabelle berechnet, welche nach dem specifischen Gewicht anzeigt, wie viel Alkohol im Chloroform enthalten ist.

Alkoholprocente.	Spec. Gew.
0,00	1,4945
0,50	1,4908
1,00	1,4874
1,50	1,4845
2,50	1,4772
5,00	1,460 2
10,00	1,4262
20,00	1,4090

Wöhler hat auf eine Beimischung von Elaylchlorür $C_4H_3Cl . HCl$ aufmerksam gemacht, diese dürfte aber wohl nicht als eine Verfälschung zu betrachten sein, sondern als ein secundäres Product der Einwirkung des Chlorkalks auf den Alkohol, da eine solche Verfälschung schon durch pecuniäre Hinsichten widerlegt ist. Man entdeckt dieses, indem man das Chloroform mit einer weingeistigen Kalilösung gelinde erwärmt; ist die fragliche Verbindung zugegen, so wird ein Gas entwickelt, welches sich über Wasser auffangen läßt, mit grüner Flamme verbrennt und die von Regnault entdeckte Verbindung ist, die man als Acetylchlorür C_4H_3Cl betrachten kann. Es ist übrigens nach Wöhler's Meinung nicht wahrscheinlich, daß diese Beimischung auf die praktische Anwendung des Chloroforms von Einfluß sein werde, da diese in Eigenschaften und Zusammensetzung so ähnlichen Körper auch von gleicher Wirkung sein werden.

Stohmann.

Citronensäure.

Citronensäure. Diese Säure wurde von Scheele 1784 entdeckt. Sie findet sich in der Natur fertig gebildet im Safte einer großen Menge von Früchten, namentlich in den Citronen, Johannisbeeren, Stachelbeeren, Erdbeeren, Kirschen, Vogelbeeren und vielen anderen. In geringer Menge scheint sie neben Apfelsäure sich in fast allen Pflanzensäften zu finden; neuerdings ist ihr Vorkommen im Rübensafte u. a. nachgewiesen worden.

Darstellung. Das wichtigste Material, aus dem die Säure dargestellt wird, ist der Saft der Citronen, der zu diesem Zwecke in großen Quantitäten von Sicilien und den übrigen italienischen Staaten bezogen wird. Der Werth des Saftes variirt sehr, sein Gehalt an Citronensäure sollte aber durchschnittlich 6 bis 7 Procent betragen, wie aus folgenden von Muspratt angestellten Analysen hervorgeht:

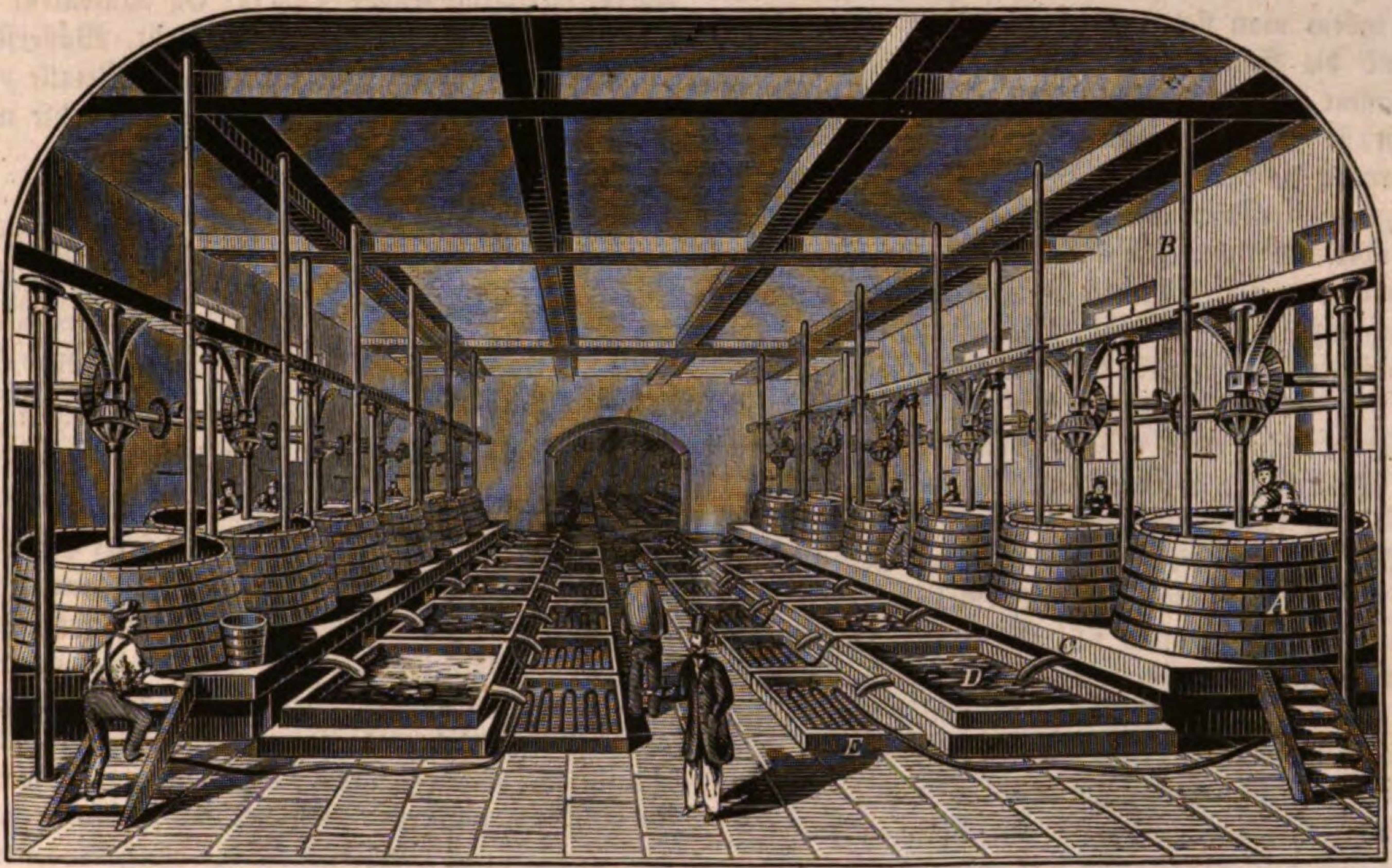
	Procentgehalt: 1851	1852
Citronensäure	6,01	7,18
Alkohol	5,47	5,97
Unorganische Salze	0,53	0,61
Wasser, Extractivstoff 2c.	87,99	86,24
	100,00	100,00

Der Saft von Neapel ist besser wie der, welcher von Messina und Palermo versandt wird, und kommt dem von Jamaica, welcher als der vorzüglichste gilt, am nächsten. Außer diesen Sorten findet sich im Handel auch noch ein concentrirter Saft, der an Ort und Stelle so weit verdampft ist, daß er einem Säuregehalt von 23 Proc. entspricht. Der Saft wird häufig verfälscht. Man hat leider keine gute Methode, den Gehalt an Citronensäure in diesem Falle genau zu bestimmen, sondern muß sich gewöhnlich darauf beschränken, die Quantität der fremden Substanzen zu bestimmen. Früher nahm man das specifische Gewicht des Saftes als ein Kriterion der Güte desselben an; um dieses künstlich zu erhöhen, wird betrügerischer Weise eine Quantität Kochsalz zugesetzt. Man thut daher wohl, eine gewogene Menge des Saftes zu verdampfen, den trocknen Rückstand zu glühen, um die organischen Substanzen zu verbrennen, und dann das Gewicht der Asche zu bestimmen. Uebersteigt dies bedeutend 0,5 Procent vom Gewicht des Saftes, so kann man sicher sein, daß dieses unrechtmäßiger Weise zugesetzt ist. Ein anderes Verfälschungsmittel ist Schwefelsäure. Man entdeckt diese, indem man zu der mit Chlorwasserstoffsäure angesäuerten Flüssigkeit Chlorbaryum fügt. Giebt dieses einen weißen Niederschlag, so ist Schwefelsäure vorhanden. Man fällt dann die ganze Menge durch Chlorbaryum aus, filtrirt, wäscht, trocknet das Präcipitat und berechnet daraus die Quantität der Schwefelsäure. Wenn man dann eine Quantität des ursprünglichen Saftes mit einer titrirten Lösung von Natron genau neutralisirt, und von der verbrauchten Menge der Lösung eine der Schwefelsäure entsprechende Quantität abzieht, so erhält man annähernd den Gehalt an Citronensäure. Diese Methode ist aber nicht sehr genau, da der Gehalt an Schwefelsäure größer er-

scheinen wird, als er wirklich ist, da in den Aschenbestandtheilen stets schwefelsaure Salze enthalten sind. Dieses wird aber auf eine andere Weise ziemlich compensirt, da der Saft außer Citronensäure stets etwas Apfelsäure enthält. Diese wird ebenfalls durch Neutralisation angezeigt und würde daher den Gehalt an Citronensäure scheinbar erhöhen.

Fig. 405, welche einen Theil der Arbeitslocale

Fig. 405.



in der Citronensäure-Fabrik von Firmin und Sohn in Newton-le-Willows, Lancashire, darstellt, wird einen klaren Begriff von der fabrikmäßigen Darstellung der Säure geben.

Die Röhren *BB* leiten den Saft aus Cisternen, worin er geklärt ist, in die Bottiche *A*. Diese sind große hölzerne mit Blei ausgekleidete Behälter, in denen ein eiserner, gleichfalls mit Blei überzogener Rührapparat, der durch Maschinerie in Bewegung gesetzt wird, befindlich ist. Der Saft wird zuerst durch eingeleiteten Dampf bis nahe zum Sieden erhitzt, dann allmälig mit fein gepulverter und mit Wasser zu einem feinen Schlamme angerührter Kreide versetzt, bis bei einem neuen Zusatze kein Aufbrausen mehr stattfindet. Der größte Theil der Citronensäure ist dann in unlöslichen citronensauren Kalk verwandelt worden, ein kleiner Theil bleibt aber in Form eines sauren Salzes in der Lösung. Man könnte dieses durch eine geringe Menge gebrannten Kalk zersetzen und so diesen Verlust vermeiden. Die Fabrikanten behaupten aber, durch Erfahrung gefunden zu haben, daß man ein besseres Resultat erhalte, wenn man den Zusatz von Aetzkalk unterläßt, da man dann nachher eine reinere Säure erhalte.

Während der Neutralisation wird der Inhalt der Bottiche fortwährend durch die Rührapparate in Bewegung gehalten. Später läßt man Ruhe eintreten, um den Niederschlag absetzen zu lassen. Dann trennt man die darüber stehende Flüssigkeit durch einen Heber und entfernt alle löslichen Substanzen durch Waschen mit lauwarmem Wasser. Der citronensaure Kalk wird darauf mit Schwefelsäure zersetzt. Es bildet sich dabei freie Citronensäure und schwerlöslicher schwefelsaurer Kalk. Man rührt den Niederschlag zuerst in den Bottichen mit etwas Wasser an und läßt dann unter fortwährendem Umrühren Schwefelsäure, die eben vorher mit 6 Theilen Wasser verdünnt ist, langsam hinzufließen. Die Quantität der anzuwendenden Schwefelsäure richtet sich nach der Menge der verbrauchten Kreide. Wenn der Saft ursprünglich keine freie Schwefelsäure enthält, so kann man ein der Kreide gleiches Gewicht, oder etwas mehr concentrirte Säure hinzufügen, denn das Aeq. der Kreide ist 50, das der Schwefelsäure 49. Man kann dann sicher sein, einen kleinen Ueberschuß an Schwefelsäure zu haben, da die Kreide stets mehr oder weniger feucht ist. War in dem Saft schon von vorn herein Schwefelsäure enthalten, so muß man diese in Anrechnung bringen und von der zur Zersetzung anzuwendenden abziehen.

Es ist unbedingt nothwendig, einen kleinen Ueberschuß an Schwefelsäure in der Flüssigkeit zu haben, da sonst leicht etwas saurer citronensaurer Kalk in die Lösung kommen würde. Dieser hat die Eigenschaft, die Krystallisation der Säure vollkommen zu verhindern. Die Menge der freien Schwefelsäure darf aber nie zu groß werden, da sie sonst bei der Verdampfung auf die Säure reagiren und diese verkohlen würde; eine kleine Menge geht in die Mutterlauge und kann dann mit dieser fortgeschafft werden.

Aus den Zersetzungsbottichen fließt die Säure und der schwefelsaure Kalk durch die Röhre *C* auf das Filter *D*. Das Filter ist ein flacher Behälter von Holz, mit Blei ausgeschlagen, in dem ein falscher Boden be-

findlich ist. Dieser ist mit Leinwand oder feinen Bastmatten bedeckt und dient dazu, den schwefelsauren Kalk zurückzuhalten, während die Säure in die Abdampfpfannen *E* fließt. Der Niederschlag wird mehrere Male mit Wasser übergossen, um den Rest der Citronensäure zu verdrängen. Diese schwachen Lösungen werden concentrirt, indem man sie auf einen anderen Niederschlag bringt und die Säure von diesem in derselben Flüssigkeit aufnimmt, bis die Säure sudwürdig geworden ist. Man läßt sie dann ebenfalls in die Pfannen *E* fließen und verdampft sie darin durch Dampfröhren, welche in der Flüssigkeit circuliren, bis zur Consistenz eines dünnen Syrups oder bis sich ein Häutchen auf der Oberfläche zeigt. Sobald dieser Zeitpunkt eintritt, unterbricht man die Erwärmung und leitet die Säure in Krystallisirgefäße. Diese sind gewöhnlich bleierne, cylindrische Behälter von $2\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser und 3 Fuß Höhe. Die Krystallisation ist in etwa 4 Tagen vollendet. Man gießt dann die Mutterlauge ab, verdunstet und krystallisirt von Neuem, bis sie fast schwarz geworden ist und keine reinen Krystalle mehr liefert. Der Rest der Mutterlauge wird mit Wasser verdünnt und mit dem rohen Citronensaft vermischt, um nochmals verarbeitet zu werden.

Die Krystalle sind nach dem ersten Anschuß noch bedeutend gefärbt und müssen, um gereinigt zu werden, von Neuem aufgelöst werden. Die neue Lauge wird dann höchst vorsichtig verdampft und sobald sie krystallisationsfähig geworden ist, aus den Pfannen entfernt. Um der Säure den Farbstoff so viel wie möglich zu entziehen, filtrirt man sie vor der Krystallisation durch gereinigte thierische Kohle. Die Filtrirapparate bestehen in bleiernen Trichtern, die die Gestalt einer umgekehrten vierseitigen Pyramide haben. Die Seiten sind mit zahlreichen Löchern durchbohrt und mit einem leinenen Filter bedeckt. Das Tuch wird vor der Filtration mit heißem Wasser angefeuchtet und dann die thierische Kohle auf das Filter geworfen. Die Flüssigkeit wird durch diese Behandlung bedeutend heller, es ist aber eine mehrmalige Umkrystallisation erforderlich, um die Säure völlig rein zu erhalten.

Von anderen Früchten hat man die Johannisbeeren zur Darstellung der Citronensäure angewandt. Die Beeren werden zerquetscht, der Saft ausgepreßt und der Gährung unterworfen. Sobald diese beendigt, destillirt man den gebildeten Alkohol ab, neutralisirt den Rückstand mit Kreide und zersetzt den citronensauren Kalk mit Schwefelsäure. 100 Pfund dieser Frucht liefern außer dem Weingeist 1 Pfund Citronensäure.

Eigenschaften. Die Citronensäure krystallisirt in rhombischen Prismen, sie hat einen höchst sauren, aber angenehmen Geschmack, ist bei 15° C. in ihrem gleichen Gewicht und bei 100° in der Hälfte ihres Gewichts Wasser löslich; in Alkohol schwer, in Aether unlöslich. Die wäßrige Lösung schimmelt leicht.

Die Zusammensetzung der Citronensäure entspricht der Formel $C_{12}\,H_8\,O_{14} + 2\,HO$. Die zwei Atome Krystallwasser entweichen beim Trocknen bei 100° und es bleibt die Säure von der Formel $C_{12}\,H_8\,O_{14}$ zurück. In diesem Zustande enthält sie 3 Atome sogenanntes basisches Wasser, welches in den citronensauren Salzen durch Metalloxyde vertreten werden kann. Die Säure ist daher dreibasisch, und ihre Formel $3\,HO.\,C_{12}\,H_5\,O_{11}$; oder wenn man sie als dreibasische Säure von dem Typus $\left.\begin{matrix}3\,H\\3\,H\end{matrix}\right\}O_6$ ableitet, $\left.\begin{matrix}C_{12}\overset{'''}{H}_5\,O_8\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$, worin die Atomgruppe $C_{12}\,H_5\,O_8$ äquivalent mit H_3 ist. In den Salzen werden die 3 At. Wasserstoff entweder ganz oder nur zum Theil durch Metalle vertreten, so daß drei Reihen von Salzen bestehen, die nach folgenden Formeln zusammengesetzt sind:

$\left.\begin{matrix}C_{12}\overset{'''}{H}_5\,O_8\\Ba_3\end{matrix}\right\}O_6$	$\left.\begin{matrix}C_{12}\overset{'''}{H}_5\,O_8\\Ba_2H\end{matrix}\right\}O_6$	$\left.\begin{matrix}C_{12}\overset{'''}{H}_5\,O_8\\Ba\,H_2\end{matrix}\right\}O_6$
Neutraler citronensaurer Baryt.	Saurer citronensaurer Baryt.	Zweifach saurer citronensaurer Baryt.
$3BaO.C_{12}H_5O_{11}$	$2\,BaO.HO.C_{12}H_5O_{11}$	$BaO.2HO.C_{12}H_5O_{11}$

Die Citronensäure zerfällt beim allmäligen Erhitzen in drei andere Säuren, die Aconitsäure, die Itaconsäure und die Citraconsäure.

Durch die Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure zerfällt die Citronensäure bei einer Temperatur von 30 bis 40° in Kohlenoxydgas, Wasser und sich abscheidenden Kohlenstoff, in erhöheter Temperatur wird Aceton gebildet. Beim Schmelzen mit Kalihydrat entsteht essigsaures und oxalsaures Kali. Bei der Destillation mit Braunstein, Schwefelsäure und Wasser entwickelt sich Kohlensäure, im Destillate findet sich Aceton (Péan de St. Gilles), Goldchlorid wird ohne Gasentwicklung reducirt.

Durch Einwirkung von Chlor auf Citronensäure oder citronensaure Salze entsteht die Verbindung $C_6Cl_6O_2$, welche von Städeler als sechsfach gechlortes Aceton betrachtet wird; nach Cloëz ist sie sechsfach gechlorter Essigsäure-Methyläther, in welchem aller Wasserstoff durch Chlor vertreten ist: $\left.\begin{matrix}C_4Cl_3O_2\\C_2\,Cl_3\end{matrix}\right\}O_2$.

Die Citronensäure bringt mit Kalkwasser gemischt in der Kälte keinen Niederschlag hervor, dieser entsteht aber sogleich beim Kochen der Flüssigkeit.

Der citronensaure Kalk geht nach dem Vermischen mit Hefe durch Gährung in buttersauren und essigsauren Kalk unter Entwicklung von Kohlensäure und Wasserstoffgas über.

Die größte Menge der Citronensäure wird in der Kattundruckerei, theils um Farben zu erhöhen, theils als Reservage angewandt. In der Medicin hat sich die Säure sowohl wie der Citronensaft als ein sehr gutes Mittel gegen den Skorbut erwiesen. In Folge hiervon hat die englische Admiralität eine Verordnung erlassen, welche alle Schiffer, die die Polargegenden bereisen, verpflichtet, eine gewisse Menge Citronensaft zu führen und die Bemannung der Schiffe damit zu versehen. Der Saft wird zu diesem Zwecke gekocht, geklärt, dann auf Flaschen gefüllt und mit einer Schicht Olivenöl bedeckt. Manchmal fügt man auch 10 Proc. Alkohol hinzu, um die Haltbarkeit zu erhöhen.

Die wichtigste Verfälschung der Citronensäure ist mit Weinsäure. Man entdeckt diese, indem man eine Quantität der Krystalle in Wasser löst, dann Kalilösung

hinzufügt, jedoch nur so viel, daß die Flüssigkeit eine stark saure Reaction behält, und dann heftig umrührt. Bei Gegenwart von Weinsäure wird ein krystallinischer Niederschlag von zweifach weinsaurem Kali entstehen. Oder indem man die concentrirte Lösung mit essigsaurem Kali mischt und dann ein dem Volum der Flüssigkeit gleiches Volum Alkohol zugiebt; bei Gegenwart von Weinsäure entsteht beim Umschütteln der krystallinische Niederschlag von saurem weinsaurem Kali.

Stohmann.

Conserven.

Conserven nennt man Nahrungsmittel, die, an sich leicht dem Verderben ausgesetzt, auf verschiedene Weise in einen Zustand übergeführt worden sind, in welchem sie längere Zeit, ohne einer weiteren Zersetzung anheim zu fallen, aufbewahrt werden können.

Das Conserviren von Nahrungsmitteln, die Ueberführung derselben in einen constant stabilen, gegen gewisse Einflüsse resistenten Zustand, ist eine der wichtigsten Aufgaben der Theorie und Praxis. Bedenkt man, daß das Entstehen vieler für den menschlichen Organismus unentbehrlicher Nahrungsmittel an Ort und Zeit gebunden ist; daß viele von diesen aus fernen Gegenden herbeigeschafft oder von einer Jahreszeit zu der anderen aufbewahrt werden müssen; daß der Ueberfluß, welchen ein fruchtbares Jahr von einem Nahrungsmittel geliefert hat, zur Deckung des etwaigen Ausfalles bei einer Mißernte verwandt werden muß; daß wissenschaftliche und militärische Operationen, sei es, daß dieselben zu Wasser abgemacht werden oder in solchen Gegenden sich bewegen, wo klimatische oder culturhistorische Zustände den Theilnehmern die zu ihrem Lebensunterhalt nothwendige Nahrung nicht liefern: so leuchtet ein, wie wichtig die Darstellung solcher Conserven für die Wohlfahrt des Menschen sein muß.

Viele organische, aus dem Thier- und Pflanzenreich stammende Stoffe theilen mit einander die Eigenthümlichkeit, daß sie unter gewissen Verhältnissen, bei Gegenwart von Luft, von Feuchtigkeit und bei einer zwischen gewissen Grenzen liegenden Temperatur nach und nach in verschiedene Zersetzungsprocesse übergeführt werden, welche man mit den Namen Gährung, Fäulniß und Verwesung belegt hat. — Diese drei Begriffe müssen wir bestimmt von einander sondern. Lösen wir zum Beispiel etwas Hühnereiweiß in Wasser auf und überlassen die Lösung längere Zeit sich selbst, so bemerken wir, daß namentlich rasch bei Sommerhitze in der Flüssigkeit Veränderungen vor sich gehen; die anfangs klare oder schwach opalisirende Flüssigkeit trübt sich, es entstehen Schimmel- oder Pilzbildungen, sie nimmt einen unangenehmen Geruch nach faulen Eiern an und schließlich geht sie in stinkende Fäulniß über. Das Hühnereiweiß gehört zu der großen Classe der Albuminate oder Proteinsubstanzen, es hat wie alle zu dieser Gruppe gehörenden Verbindungen eine sehr complexe Zusammensetzung und eine ungemeine Neigung, in einfache Verbindungen zu zerfallen. Dieses geschieht nur bei den soeben erwähnten Erscheinungen; es spaltet sich in eine Reihe von Zersetzungsproducten, welche im Vergleich zu der Substanz, aus welcher sie entstanden sind, ziemlich einfach zusammengesetzt erscheinen. Außer Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff macht der Schwefel einen ganz constanten Factor in dem Eiweiß aus; bei der Zersetzung wird dieser in Verbindung mit Wasserstoff als Schwefelwasserstoff aus dem Eiweiß eliminirt; so tritt ferner der Kohlenstoff als Kohlensäure, der Wasserstoff als Wasser und der Stickstoff als Ammoniak aus; der ganze complicirte Atomcomplex zerfällt in höchst einfache Verbindungen. Diese Art von Processen, welche eine Zersetzung complicirter Verbindungen in einfache — meist unter Auftreten von übelriechenden Gasen — zur Folge haben, nennen wir Fäulnißprocesse und die Körper selbst, welche die Träger derselben sind, fäulnißfähige Stoffe. Das Auftreten solcher Fäulnißprocesse ist, wie bereits erwähnt, abhängig von der Gegenwart von Feuchtigkeit, von atmosphärischer Luft und einer gewissen Temperatur. Entzieht man den Substanzen auf irgend eine Weise das Wasser, trocknet man sie, so erleiden sie keine Fäulnißerscheinungen; unterhalb und oberhalb einer gewissen Temperatur ist keine Fäulniß möglich. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Temperatur, welche als die günstigste für den Eintritt und den Fortlauf von solchen Processen bezeichnet werden kann, zwischen 15 und 35° C. liegt. Siedhitze inhibirt einen entstandenen Fäulnißproceß in der Mehrzahl der Fälle, unter dem Gefrierpunkte des Wassers kann keiner eingeleitet werden. Hinsichtlich der atmosphärischen Luft mag bemerkt werden, daß ihre Gegenwart bis zum Ende des Processes nicht nothwendig ist, es genügt, daß sie denselben einleitet, er geht, wenn einmal im Gange, auch ohne sie seinem Abschlusse entgegen.

Es mag gleich hier angedeutet werden, daß es gewisse Substanzen giebt, welche Stoffe, die an und für sich leicht der Fäulniß anheimfallen, vor derselben schützen. Diese bezeichnet man mit dem Namen der fäulnißwidrigen oder antiseptischen. Dahin gehören, um vorläufig nur einige zu nennen, arsenige Säure, Kupfervitriol, Alaun, Gerbsäure, Weingeist, viele ätherische Oele, Chloroform, Carbolsäure u. a. m.

Von den Fäulnißprocessen unterscheiden wir ferner die Gährungserscheinungen; die Körper, welche diesen zum Opfer werden, unterscheiden sich von den oben erwähnten fäulnißfähigen Stoffen dadurch, daß sie an und für sich in wäßriger Lösung bei Gegenwart von Luft bei mittlerer Temperatur beliebig lange aufbewahrt

werden können, ohne eine wesentliche Veränderung zu erleiden, die das Molekül der Verbindung constituirenden Atomgruppen zeigen keine Neigung, aus dem Zustande der Ruhe heraus in Bewegung oder Zersetzung einzutreten. Wohl aber können sie in Zersetzung übergeführt werden, sobald wir sie mit bereits in Fäulniß übergegangenen oder der Fäulniß fähigen Körpern in Berührung bringen, und zwar zeigt sich hier die Eigenthümlichkeit, daß aus einem und demselben Stoffe je nach den obwaltenden Temperaturverhältnissen und der Beschaffenheit des die Gährung hervorrufenden fäulnißfähigen oder faulenden Körpers ganz verschiedene Zersetzungsproducte entstehen können. In den bitteren Mandeln kommt ein Stoff vor, den man mit dem Namen Amygdalin belegt hat. Dieses Amygdalin löst sich in warmem Wasser ziemlich leicht auf, die Lösung erleidet auch bei längerem Stehen keine wesentliche chemische Veränderung, sie ist vollkommen stabil. Sobald wir aber derselben einen anderen fäulnißfähigen Stoff hinzufügen, z. B. eine Lösung von Emulsin, einem in den süßen Mandeln vorkommenden eiweißartigen Körper, wird das Gleichgewicht in der Flüssigkeit gestört, es treten Zersetzungsprocesse ein, deren Endresultat die Spaltung des Amygdalins in Blausäure, Bittermandelöl und Traubenzucker ist. Es ist dieses also ein Fall, wo durch die Gegenwart eines fäulnißfähigen Körpers die Zersetzung eines an sich nicht zersetzbaren Stoffes veranlaßt worden ist. Solche in gährungsfähigen Körpern die Zersetzung gleichsam einleitenden Stoffe aus der Gruppe der fäulnißfähigen nennt man Fermente. Das Emulsin hat auf das Amygdalin als Ferment eingewirkt. Die Anzahl solcher Fermentstoffe ist sehr groß, da jeder der fäulnißfähigen Körper im Zustande der Fäulniß zum Fermente wird. Es sind namentlich eine Anzahl einfacher thierischer und pflanzlicher Organismen, von Infusorien und Pilzen, welche in gährungsfähigen Stoffen in vielen Fällen Veranlassung zum Eintritte der Gährung geben. Unter den hierher zu rechnenden Substanzen bietet die Hefe bei weitem das größte Interesse dar. Eine Auflösung von gewöhnlichem Rohr- oder Rübenzucker in Wasser hält sich lange Zeit, ohne in Zersetzung überzugehen; bringen wir dieselbe aber mit Fermentstoffen in Berührung, so wird der in ihr enthaltene Zucker zersetzt werden, und zwar zeigt sich hier recht deutlich, daß, worauf schon in Kürze hingedeutet worden ist, nach der Natur des einwirkenden Ferments und nach den übrigen während der Zersetzung obwaltenden Verhältnissen aus ein und derselben Substanz ganz heterogene Zersetzungsproducte erhalten werden können. So giebt bei einer mittleren Temperatur Zucker mit Hefe in Berührung gebracht, außer geringen Mengen von Glycerin und Bernsteinsäure Alkohol und Kohlensäure, mit faulendem Käse und Kreide hingegen bei 20 bis 30° C. Milchsäure, unter 20° C. Mannit und Propionsäure, bei 30 bis 40° C. endlich Buttersäure.

Zur Erklärung dieser eigenthümlichen Erscheinung, daß ein an sich nicht zersetzbarer Körper durch die Berührung mit einem in Zersetzung begriffenen ebenfalls in Zersetzung übergeführt wird, sind zu verschiedenen Zeiten verschiedene Ansichten aufgestellt worden. Mitscherlich war der Meinung, daß es gewisse Körper gäbe, welche rein durch ihre Gegenwart, ohne selbst eine wahrnehmbare Zersetzung zu erleiden, die Zersetzung anderer Stoffe veranlassen können; diese Körper nannte er Contactsubstanzen, weil sie durch den Contact ihre Wirkung äußern sollten. Erhitzen wir, um ein Beispiel anzuführen, Stärkekleister mit wenigen Tropfen Schwefelsäure, so verliert er bald seine eigenthümliche kleistrige Beschaffenheit, er wird dünnflüssiger und das in ihm enthaltene Stärkemehl wird nach und nach in Gummi und Zucker übergeführt. Die Schwefelsäure ist die Ursache zu dieser Umwandlung gewesen; auf welche Weise sie aber hierbei gewirkt hat, ist uns völlig unklar. Wir können sie nach der Vollendung des Processes mit allen ihr vor demselben eigenthümlichen Eigenschaften aus der Flüssigkeit wieder abscheiden, sie hat nichts an Gewicht zugenommen, nichts an Gewicht verloren, sie hat auf eine chemisch nicht zu verfolgende Weise, scheinbar rein durch ihre Gegenwart die Ueberführung des Stärkemehls in Gummi und Zucker veranlaßt. Die Schwefelsäure hat demnach bei dem Processe als Contactsubstanz fungirt. Berzelius nahm im Wesentlichen die Theorie an, nur vindicirt er den Contactsubstanzen eine eigenthümliche Kraft, mittelst welcher sie wirken sollten, die katalytische Kraft. Man sieht leicht, daß die angedeuteten Ansichten im Grunde genommen nur Umschreibungen, keine eigentlichen Erklärungen für die Erscheinungen darbieten. Namentlich hat der Begriff des Contactkörpers wenig Tröstliches und es muß das Bestreben des Chemikers sein, die Wirkungsweise desselben mehr und mehr aufzuklären, um so ihre Anzahl möglichst zu reduciren oder schließlich gänzlich streichen zu können. Das ist nun mit einigen Substanzen bereits geschehen. So hielt man früher die Schwefelsäure bezüglich ihrer Umwandlung des Weingeistes in Aether für eine Contactsubstanz; man mußte dieselbe dafür halten, weil man nicht im Stande war, bei der Aetherificirung des Alkohols eine chemisch nachweisbare Veränderung an ihr zu constatiren, weil man fand, daß ein und dieselbe Menge von Säure eine beliebige, unendlich große Quantität von Weingeist in Aether überführen könne. Neuere Untersuchungen haben nun nachgewiesen, daß die Schwefelsäure eine ganz bestimmte, chemisch recht gut zu deutende Rolle bei dem Processe spielt, indem sie zuerst durch die Einwirkung von Alkohol in die Äthylschwefelsäure, den sauren Aether der Schwefelsäure, übergeführt wird, diese dann allerdings durch fernere Einwirkung von einem Molekül Alkohol neben Aether wieder in die ursprüngliche Schwefelsäure zerfällt. So resultirt schließlich immer wieder Schwefelsäure; dieselbe hat nur in einer ersten Phase an der Zersetzung Theil genommen und diese hatte man früher übersehen oder chemisch nicht verfolgen können. Jetzt gehört die Wirkung der Schwefelsäure bei dem Aetherbildungsprocesse nicht mehr in die Kategorie der Contactwirkungen.

Erst Liebig war es vorbehalten, wie in so vielen Punkten, so auch hier Licht zu verbreiten, und seine schon vor Jahren ausgesprochenen Ansichten müssen im Großen und Ganzen auch heute noch als maßgebend betrachtet werden. Indem er den Begriff des Contactkörpers auf das ihm gebührende Maß reducirte, hielt er namentlich die Begriffe von Fäulniß, Gährung und Verwesung

zum ersten Male scharf auseinander in der Weise, wie wir das theilweise im Früheren angedeutet haben, und suchte vor Allem den Begriff und die Wirkungsweise des Fermentstoffes auf möglichst einfache Principien zurückzuführen.

Es giebt gewisse Stoffe, so meint er, welche, in Zersetzung begriffen, die Zersetzung auf andere übertragen, dieselben gleichsam in die Sphäre ihrer Zersetzung hineinziehen können, und solche Stoffe sind die Fermente. Wie ein in Bewegung begriffenes Theilchen eines Körpers seine Bewegung einem daneben liegenden Theilchen übertragen kann, dieses wiederum einem benachbarten u. s. f., so daß durch den Anstoß eines Theilchens eine große Anzahl anderer aus dem Zustande der Ruhe in Bewegung versetzt werden kann, ebenso kann auch ein in Zersetzung begriffener Körper — denn Zersetzung ist gleich Bewegung — die Zersetzung in ganz mechanischer Weise auf einen anderen Körper übertragen. Liebig zog also einen Lehrsatz aus der Mechanik in die Chemie hinein und wandte ihn auf diese Kategorie von Zersetzungen an. So wirkt die Hefe, indem sie den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt, als Fermentsubstanz; als stickstoffhaltige organische Substanz ungemein leicht der Zersetzung ausgesetzt, ist sie im Stande, diese auf die benachbarten in der Flüssigkeit befindlichen Zuckertheilchen zu übertragen. Zahlreiche Beispiele lassen diese Erklärungsweise ungemein annehmbar erscheinen. Salzlösungen, die mehr Salz aufgelöst enthalten, als der Temperatur, welche sie besitzen, entspricht, nennt man übersättigt, solche Lösungen kann man lange Zeit aufbewahren, ohne daß der in ihnen enthaltene Ueberschuß von Salz auskrystallisirt, wenn man sie nur sorgfältig vor jeder Erschütterung bewahrt. Sobald man sie aber anstößt, oder irgend einen festen Körper hineinwirft, erstarren sie plötzlich. Die rothe Modification des Quecksilberjodids wird durch Sublimation in die gelbe übergeführt, eine bloße mechanische Berührung genügt, um die gelben Krystalle momentan in die rothen zurück zu verwandeln. Stickstoff verbindet sich unter geeigneten Verhältnissen mit drei Atomen Jod zu Jodstickstoff, die Verbindung ist eine äußerst lockere zu nennen, denn schon der geringste Anstoß, Berührung der vorsichtig getrockneten Verbindung mit einer Federfahne reicht hin, um die Verwandtschaftskräfte zwischen beiden Elementen aufzuheben. Die große Classe der sogenannten Nitrokörper ist dadurch ausgezeichnet, daß sie sehr häufig durch bloßen Schlag explodiren, sich zersetzen. Platin löst sich nicht in Salpetersäure, sobald man es jedoch mit Silber legirt, einem in dieser Säure löslichen Metalle, wird durch Salpetersäure nicht allein das Silber aufgelöst, sondern die Auflösung erstreckt sich auch auf das Platin. Alles dieses sind Thatsachen, die zur Genüge beweisen, welche Bedeutung dem rein mechanischen Stoß bei chemischen und physikalischen Erscheinungen beigemessen werden muß.

Solche Fermentwirkungen spielen in der Natur eine bedeutende Rolle; es ist höchst wahrscheinlich, daß die meisten Ansteckungsstoffe in diese Kategorie hineingehören. Beweise dafür, daß eine unendlich geringe Menge eines Ansteckungsstoffes die ausgedehntesten Krankheitserscheinungen hervorzubringen im Stande ist, lassen sich zahlreich anführen. Die geringste Menge von sogenanntem Leichengift, das heißt der in der Leiche befindlichen in Zersetzung begriffenen Flüssigkeit, welche der Anatom zufällig beim Seciren in eine wunde Stelle seiner Hand einbringt, genügt, um das Wohlbefinden seines Organismus wesentlich zu beeinträchtigen, in seinem Körper pathologische Erscheinungen hervorzurufen, welche sehr häufig den Tod herbeiführen können. Die Wirkung des Wuthgiftes, Rotzgiftes u. a. m. gehört hierher. Durch eine kaum wägbare Menge von Pockenlymphe, welche man durch den Arm eines gesunden Individuums einimpft, wird in demselben ein eigenthümlicher Proceß hervorgerufen, der die Bildung einer, im Verhältniß zu der eingebrachten, bedeutenden Quantität von Pockenlymphe zur Folge hat.

Endlich haben wir noch der dritten Art von Zersetzung zu gedenken, der Verwesung. Sobald beim Gährungs- oder Fäulnißprocesse der Sauerstoff eine wesentliche Rolle spielt, sprechen wir von Verwesung. Der Verwesungsproceß ist ein langsamer Oxydationsproceß. Wie bei allen diesen Processen wird bei ihm Wärme entwickelt, in manchen Fällen auch Licht. Das Leuchten von verwesendem Weidenholz kann hierfür als Beispiel angeführt werden. Der Verwesungsproceß hat für die Oekonomie der Natur die allergrößte Bedeutung, da er es ist, welcher im Verein mit der Gährung und Fäulniß das Gleichgewicht in der Thier- und Pflanzenwelt aufrecht erhalten hilft.

Die Pflanzen nehmen die in dem Boden, dem Wasser und der Luft enthaltenen, einfach zusammengesetzten Verbindungen auf und verarbeiten sie in ihrem Organismus vermöge der ihnen innewohnenden synthetischen Thätigkeit, dem Zusammenwirken chemischer, physikalischer, und vitaler Kräfte, zu complicirten Verbindungen. So wird z. B. der Kohlenstoff der Kohlensäure, der Wasserstoff des Wassers, der Stickstoff des Ammoniaks oder der salpetrigen Säure, der Luft zu Bestandtheilen der Kohlehydrate, der fetten, der eiweißartigen Körper verwerthet. Diese werden nun vom Thiere gefressen, zum Aufbau oder zur Erhaltung seines Leibes verwandt. Nach dem Tode des Thieres fallen die seinen Leib constituirenden compleren Bestandtheile dem Verwesungsprocesse anheim und dieser ist es, welcher die Elemente den Medien, aus welchen sie stammten, die anorganischen Verbindungen dem Boden, die organischen der atmosphärischen Luft zurückführt, und zwar den Kohlenstoff in Form von Kohlensäure, den Wasserstoff in Form von Wasser und den Stickstoff in Form von Ammoniak respective Salpetersäure. So wird, abgesehen von anderen hier nicht zu besprechenden Regulatoren, durch die Verwesung der ewige Kreislauf der Materie erhalten, das Gleichgewicht in der Atmosphäre conservirt. Nach den Beobachtungen von Colonisten in Amerika ist von einem gefällten starken Baume nach Verlauf von 33 bis 36 Jahren nichts weiter als die Rinde übrig. Alles Andere ist durch den Verwesungsproceß zerstört oder richtiger gesagt, da es für den Naturforscher keine eigentliche Zerstörung giebt, in einfachere Verbindungen übergeführt worden.

Blätter, Stroh, saftreiche, cellulosearme Pflanzentheile werden noch viel eher der Verwesung erliegen müssen.

Außer diesen soeben entwickelten Liebig'schen Ansichten über Gährung, Fäulniß und Verwesung schreiben Schwann und seine Anhänger speciell die Gährung der Gegenwart mikroskopischer infusorieller und pflanzlicher Gebilde zu, während Liebig und seine Partei, da sie das Vorhandensein von dergleichen Bildungen bei solchen Processen nicht leugnen können, diese als Producte der Gährung ansehen, nicht als die eigentliche Veranlassung zu der Entstehung derselben. So finden sich z. B. bei der Essiggährung die sogenannten Essigälchen, aus welchen sich die Essigfliegen entwickeln; daß dieselben jedoch zum Entstehen der Essiggährung nicht unbedingt nothwendig sind, scheint daraus hervorzugehen, daß auch ohne ihre Gegenwart eine Essiggährung entstehen kann. Kocht man Fleisch in einem Kolben in Wasser und verschließt diesen, nachdem durch die Wasserdämpfe alle Luft ausgetrieben und alle infusoriellen Keime zerstört sind, hermetisch, so kann das Fleisch nicht faulen; erst wenn man das Gefäß wieder öffnet, also Luft einströmen läßt, wird das Fleisch in Fäulniß übergehen. Daß der Sauerstoff der Luft nicht das wesentliche Moment für diese abgiebt, beweist die Thatsache, daß, wenn man die Luft vor ihrem Eintritte durch Röhren leitet, die mit Bimsteinstücken angefüllt sind, welche man mit Schwefelsäure getränkt hat, oder noch besser, wenn man sie glühende Röhren durchströmen läßt, wodurch alles Organisirte zerstört werden muß, das Fleisch nie in Fäulniß übergehen kann. Oft genügt schon das bloße Verschließen einer Flasche mit einem Baumwollenpfropfen, um eine in ihr enthaltene ziemlich leicht der Gährung oder Fäulniß anheimfallende Masse davor zu schützen; die Luft wird durch die Baumwolle gleichsam filtrirt werden, die in ihr unsichtbar enthaltenen Keime werden nicht in das Innere gelangen können. Jedenfalls, so viel geht aus diesen Thatsachen hervor, giebt es zweierlei freiwillige Zersetzungen organischer Substanzen, welche nicht auf dieselbe Ursache zurückgeführt werden können, von denen die eine zum Eintritte und Verlaufe des Sauerstoffs der Luft bedarf, die andere auch ohne diesen durch die in der Luft enthaltenen unbekannten Beimischungen eintreten kann. Pasteur hat gelegentlich seiner classischen Untersuchungen über die Gährung, auf welche bereits in Früherem (s. Art. Alkohol) hingewiesen wurde, eine große Menge von Luft verschiedener Localitäten untersucht und dabei gefunden, daß in den meisten Proben solche Keime vorhanden waren, welche in geeigneten Flüssigkeiten eine Gährung hervorrufen. — So enthielten von zwanzig Proben auf dem ebenen Lande geschöpfter Luft 8 keimfähige Substanzen, von zwanzig Proben auf dem Jura in einer Höhe von 2600 Fuß genommen, 5, und von zwanzig Proben auf dem Montauvert in 6000 Fuß Höhe geschöpft, eine organische keimfähige Substanzen.

Ließ man die Luft durch ein mit Schießbaumwolle oder Asbest gefülltes Rohr streichen, löste dann den Inhalt von diesem in Aether=Weingeist auf und brachte den nach der Verdunstung des Lösungsmittels bleibenden Rückstand mit allen Cautelen in eine gährungsfähige Flüssigkeit, z. B. in eine Mischung von Zuckerwasser, Eiweißstoffen und aus Hefe dargestellter Asche, so entstanden bereits nach Verlauf von 24 Stunden Vegetationen von Thieren und Pflanzen, unter welchen namentlich das Genus der Mucedineen und das Infusorium Baclerium termo vertreten war. Die Lebensfähigkeit dieser Organismen scheint nach der Natur der Flüssigkeit, in welcher sie sich befinden, verschieden zu sein. Läßt man, wie Pasteur gefunden hat, Urin mit dem auf eben beschriebene Weise gesammelten Luftstaube in einem vor dem Eindringen jedes anderen Keimes gesicherten Gefäße stehen, z. B. in einem zugeschmolzenen Rohre, so wird derselbe sehr bald faulen, es entwickeln sich eine Menge Organismen in ihm, als wenn er an der Luft stände. Unter gleichen Verhältnissen ohne Luftstaub bleibt er unverändert. Milch hingegen, ebenso behandelt, ist in beiden Gefäßen mit oder ohne Luftstaub nach Verlauf einiger Tage geronnen, hat ihre alkalische Beschaffenheit reservirt und wimmelt von Infusorien und Vibrionen. Nach dem Kochen der Milch oder dem Erhitzen auf 100 bis 112° C. entwickeln sich in ihr keine Organismen, ebenso wenig, wenn man, anstatt das Gefäß zuzuschmelzen, ausgeglühte Luft in dieselbe eintreten läßt. Der Sauerstoff, von welchem in diesem Falle immer ein Theil absorbirt wird, geht an das Fett und macht dasselbe ranzig, nicht aber an die eiweißartigen Stoffe. In saurem Urin tödtet man die lebensfähigen Keime schon nach kurzem Erhitzen auf 100° C., während in der alkalisch reagirenden Milch sie sich bei höheren Temperaturen noch lebensfähig erhalten. Nach Pasteur soll der Gährungsproceß durchaus an die Entwicklung einer Pflanze oder eines Thieres geknüpft, kein rein chemischer Act sein; je nach der Natur des Gährungserregers soll auch die Gährung verschieden sein. Jeder besonderen Gährung soll ein eigenthümlicher pflanzlicher oder thierischer Organismus entsprechen.

In ganz jüngster Zeit sind von J. Lemaire bei seinen Untersuchungen Resultate gewonnen worden, welche mit denen Pasteur's nicht vollständig im Einklange stehen.

Lemaire schließt aus seinen Beobachtungen, daß die Fäulniß bei Gegenwart von Sauerstoff und thierischen oder pflanzlichen Organismen beginnt, daß aber, sobald (z. B. in zugeschmolzenen Gefäßen) der Sauerstoff durch die Organismen verbraucht ist, diese sterben und nun die Fäulniß nicht weiter schreiten kann — daß ferner nicht einer jeden Gährung ein besonderer Erreger zu Grunde liegt, weil dieselben Arten einmal Zucker in Alkohol, ein anderes Mal Alkohol in Essigsäure überführen, und daß endlich in manchen Fällen sogar das Auftreten pflanzlicher und thierischer Formen nicht die Ursache der chemischen Zersetzung ist, sondern die Folge, daß das Entstehen solcher Vegetationen der chemischen Zersetzung untergeordnet ist.

So viel steht jedenfalls nach Allem fest, daß bis jetzt unsere Kenntnisse über diese interessanten Vorgänge noch in der Kindheit liegen. — Da durch die schönen Arbeiten Schönbein's nachgewiesen ist, daß der gewöhnliche Sauerstoff, wie er in der Luft vorkommt oder aus sauerstoffhaltigen Verbindungen abgeschieden wird, z. B. aus chlorsaurem Kali, aus Braunstein u. s. w., niemals unmittelbar Oxydationsprocesse veranlassen kann, sondern daß er dazu erst in den activen Zustand übergeführt werden muß, in welchem man ihn mit dem Namen Ozon

(von ὄζω ich rieche) belegt hat, so ist es mehr wie wahrscheinlich, daß der bei den Verwesungsprocessen thätige Sauerstoff Sauerstoff in activem Zustande, Ozon, ist. Es ist bereits im Vorigen darauf hingewiesen worden, daß Fäulniß=, Gährungs= und Verwesungsprocesse von drei Factoren abhängen, von der Gegenwart von Luft oder Sauerstoff, von einer gewissen Menge Feuchtigkeit und von einer gewissen Temperatur. In niedriger Temperatur, unter dem Gefrierpunkte des Wassers kann kein organischer Körper in einen Fäulnißproceß übergehen. Dafür spricht die Thatsache, daß man unter dem Eise Sibiriens Cadaver von vorweltlichen Thieren, z. B. von Elephanten gefunden hat, deren Fleisch so vollkommen erhalten war, daß dasselbe nach dem Aufthauen von Hunden mit demselben Appetite wie frisches gefressen wurde. Hiermit im Widerspruche stehen die Beobachtungen, welche von Dr. Kane auf seiner Nordpolreise während der Jahre 1853, 1854 und 1855 gesammelt sind. Nach diesen Beobachtungen scheint das Fleisch von gewissen Thieren — z. B. von Rennthieren — bald ungenießbar zu werden, wenn es einer sehr niedrigen Temperatur von — 20° C. ausgesetzt wird. Ganz allgemein sollen die Eingeborenen Grönlands eine starke Kälte als dem Eintritte der Fäulniß günstig betrachten. Man meint, daß diese merkwürdige Erscheinung einmal von der durch die Kälte stark comprimirten, verdichteten Luft herzuleiten sei, in welcher der Sauerstoff in einem concentrirteren, also wirksameren Zustande enthalten sei, dann aber auch, wenn man dem Sauerstoff im activen Zustande die Oxydationswirkungen zuschreiben will, von den Eigenschaften des Ozons, welches — wie Houzine's Versuche dargethan haben — bei einer hohen Temperatur wenig beständig ist, hingegen in niedriger sich lange unzersetzt erhalten kann.

Es sollen nun im Folgenden die verschiedenen Methoden, welche man zur Conservirung von Nahrungsmitteln anwendet, so weit sie sich unter allgemeine Gesichtspunkte bringen lassen, von ihrer theoretischen Seite in Kürze besprochen werden, während wir das Praktische, das Technische später geben wollen. Die im Vorigen zu wiederholten Malen angedeuteten nothwendigen Momente zum Eintritte der Zersetzung von Nahrungsmitteln sind Wärme, Sauerstoff und Wasser. Aber die zahlreichen Methoden, wie weit dieselben in ihrer äußeren Gestaltung auch differiren mögen, laufen im Großen und Ganzen auf die gänzliche und theilweise Aufhebung der erwähnten drei Factoren hinaus, alle bezwecken eine Beseitigung der Wärme, des Sauerstoffs und des Wassers.

Um die dem Eintritte der Fäulnißerscheinungen (unter diesem Collectivnamen wollen wir fernerhin die drei verschiedenen Zersetzungsprocesse, die Fäulniß, Gährung und Verwesung der Kürze halber zusammenfassen) günstige Wärme fern zu halten, bewahrt man die zu conservirenden Nahrungsmittel in möglichst kühlen Localitäten auf, welche durch die Tiefe ihrer Lage unterhalb der Erdoberfläche vor den Einwirkungen der atmosphärischen Temperaturverhältnisse oder auch auf künstlichem Wege durch Eis auf einer gewissen niedrigen Temperatur erhalten werden. Dahin gehört die Aufbewahrung von zur Nahrung dienenden Stoffen in gewöhnlichen Kellern unterhalb der Erdoberfläche oder in sogenannten Eiskellern, sowohl unter, als über der Erde angelegt. Es ist nicht gleichgültig, wie hoch die Temperatur des Locales ist, in welchem Nahrungsmittel aufbewahrt werden sollen, weil nicht alle sich gleich gut bei verschiedener Temperatur halten. In unseren gewöhnlichen Kellern herrscht durchschnittlich eine mittlere Temperatur von 8 bis 10° C., im Winter, wo die Temperatur der Atmosphäre bei weitem niedriger ist, verschließt man die Fenster derselben sorgfältig mit einem schlechten Wärmeleiter, mit Stroh, um durch das Eindringen der äußeren Luft die Temperatur des Locales nicht unterhalb des Gefrierpunktes zu bringen, weil nach dem Gefrieren viele Nahrungsmittel leicht dem Verderben anheim fallen. Jedermann kennt den süßlichen Geschmack, welchen Kartoffeln angenommen haben, welche einmal gefroren sind. Ein Theil des Stärkemehls ist dabei in Zucker übergeführt worden. Fleisch hingegen hält sich besser in einer unterhalb des Gefrierpunktes liegenden Temperatur; im Sommer bewahrt man Fleischsubstanzen in Eiskellern auf; Petersburg wird im Winter mit kolossalen Mengen von gefrorenem Fleisch, gefrorenen Fischen, Wildpret u. s. w. aus dem fleischreicheren Süden verproviantirt. Der Grund, warum solche gefrorenen Gegenstände sich länger halten, ist leicht einzusehen; abgesehen davon, daß ganz allgemein die Wärme die meisten Zersetzungsprocesse befördert, wird durch das Gefrieren, also durch die Ueberführung der bei gewöhnlicher Temperatur in den Gegenständen enthaltenen tropfbar flüssigen Masse in den festen starren Zustand, die Einwirkung der einzelnen Theilchen auf einander unmöglich gemacht oder wesentlich erschwert. Der Satz corpora non agunt nisi fluida, welchen schon die alten Alchymisten aufgestellt haben, hat hier seine volle Berechtigung.

Eine häufigere Anwendung, als die oben besprochene Ausschließung der Wärme behufs der Conservirung von Nahrungsmitteln findet die Ausschließung des Wassers.

Die Entfernung des Wassers kann einmal einfach durch Trocknen an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur oder in Trockenschränken bei erhöheter Temperatur vorgenommen werden. Früchte und Gemüse werden auf diese Weise vor dem Verderben geschützt; der Apotheker conservirt seine in der Medicin Anwendung findenden Pflanzen durch einfaches Trocknen. Bei dem Räuchern findet außer anderen später zu erklärenden Erscheinungen auch eine Entfernung des Wassers durch die äußere Wärme Statt; sind die Gegenstände sehr wasserreich und trocknen sie in ihrer ursprünglichen Form nicht leicht aus, so schneidet man sie in kleinere dünnere Stücke, um durch Vergrößerung der Oberfläche die Verdunstung zu befördern. Obst, Fleisch behandelt man auf diese Weise, die Verdunstung würde in ursprünglicher Form nicht rasch genug von Statten gehen. Werden die Gegenstände in Trockenstuben getrocknet, so sorgt man für tüchtige Ventilation, Entfernung der mit Feuchtigkeit geschwängerten Luft und Ersatz derselben durch trockne, weil der Verdunstungsproceß um so lebhafter sein wird, je größer die Differenz zwischen dem Wassergehalte der trocknenden Gegenstände und der umgebenden Luft ist; in mit Wasserdampf gesättigter Luft findet nur eine träge Verdunstung Statt. Nehmen die Nahrungsmittel einen zu großen Raum ein, so verringert man ihr Vo=

lum dadurch, daß man sie einem starken Druck aussetzt. Das hat außer dem rein äußerlichen praktischen Nutzen, daß man dadurch in einem kleineren Raum mehr Nahrungsstoff hat, was bei Verproviantirung von Expeditionen, von Armeen u. s. w. wohl in Betracht kommt, auch den Vortheil, daß durch Verringerung der Oberfläche den zerstörenden Einflüssen weniger Angriffspunkte dargeboten werden. Wäßrige Auszüge von Pflanzentheilen halten sich wenig; um sie zu conserviren, dampft man sie ein, entfernt aus ihnen den größten Theil des Wassers, führt sie in Extract über. So conservirt man den Auszug aus Fleisch, die Bouillon. Oft contrahiren sich beim Abbrühen, beim Kochen die Gegenstände, sie verringern ihr Volum, sie schrumpfen zusammen und pressen dabei den größten Theil der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit ganz mechanisch aus sich heraus. Bei dem Trocknen der Gegenstände in höherer Temperatur, welches man auch wohl Darren nennt, finden zugleich chemische Veränderungen Statt. Es kann dabei die Stärke durch die Gegenwart der Säure in Gummi und Zucker übergeführt, dieser wiederum in Caramel verwandelt werden, das Eiweiß aus der löslichen Modification in die unlösliche übergehen, gerinnen oder coaguliren. Dieses Unlöslichwerden des Eiweißes ist namentlich zu beachten, es wird dadurch derjenige Stoff fast unschädlich gemacht, welcher am meisten die Substanzen dem Verderben entgegenführt. Außer dieser rein mechanischen Entfernung des Wassers giebt es Methoden, welche dieselben Zwecke auf chemischem oder physikalischem Wege erreichen. Zu dem Behufe bringt man die Gegenstände mit solchen Substanzen zusammen, welche das Wasser mit einer gewissen Kraft an sich ziehen. Dahin gehören Salze, Flüssigkeiten, welche Verwandtschaft zum Wasser besitzen, sich entweder rein mechanisch darin auflösen oder damit wasserreichere Verbindungen eingehen, z. B. Zucker, Kochsalz, Salpeter, starker Alkohol, Essig u. a. m. Beim Einmachen der Früchte werden dieselben mit Zucker eingekocht oder einfach mit Zuckerpulver bestreut. Der Zucker löst sich nach und nach in dem in den Früchten enthaltenen Safte auf, es entsteht eine concentrirte Zuckerlösung. Die auf diese Weise wasserarm gemachten Früchte sind nun vor dem Verderben geschützt. Bestreut man ein Stück frisches Fleisch mit Kochsalz, so löst sich dieses allmälig auf und zwar in der in dem Fleische enthaltenen Flüssigkeit, es entsteht eine sogenannte Salzlake. Es ist dieses ein auf rein physikalische Grundlagen zurückzuführender Vorgang, auf Erscheinungen, welche man unter dem Namen der Diffusion, der Endos- und Exosmose zusammengefaßt hat. Das gegenseitige Durchdringen zweier tropfbar flüssiger oder gasförmiger Körper, welche sich chemisch nicht mit einander verbinden, nennt man schlechthin Diffusion. Füllt man einen hohen Cylinder theilweise mit einer gesättigten Auflösung von Kochsalz in Wasser und gießt nun vorsichtig eine Schicht reines Wasser darauf, ohne hierbei eine Mengung der beiden Flüssigkeiten hervorzubringen, so werden von der Berührungsstelle aus Diffusionserscheinungen auftreten, die Flüssigkeiten mischen sich nach und nach mit einander, indem sie sich gegenseitig durchdringen, und erst dann wird Ruhe, Gleichgewicht eintreten, wenn die ganze Flüssigkeit in jedem kleinsten Theilchen dasselbe specifische Gewicht angenommen hat. Solche Durchdringung von Flüssigkeiten verschiedenen specifischen Gewichts findet nicht allein bei unmittelbarer Berührung, sondern auch dann Statt, wenn dieselben durch eine poröse Scheidewand, eine thierische Membran, ein Stück vegetabilischen Pergaments u. s. w. getrennt sind. In diesem Falle spricht man von Endos- und Exosmose.

Füllt man einen an dem einen Ende mit Thierblase verschlossenen Cylinder mit absolutem Alkohol und hängt denselben in ein größeres mit Wasser gefülltes Gefäß, so hat man einen endosmotischen Apparat, in welchem zwei heterogene Flüssigkeiten, Alkohol und Wasser, durch eine poröse Scheidewand, die thierische Blase, von einander getrennt sind. Beide Flüssigkeiten werden sich auszugleichen suchen, es werden von dem äußeren, das Wasser enthaltenden Gefäße Theilchen zu dem inneren mit Alkohol gefüllten durch die Membran hindurchwandern, das Niveau der Alkoholschicht muß demnach steigen, wie man das schon nach Verlauf von wenigen Stunden beobachten kann. Die Schnelligkeit, mit welcher sich beide Flüssigkeiten mit einander mischen, hängt ab von der Dicke der trennenden Membran und von der Größe der Differenz derselben; je geringer diese ist, desto träger werden die Diffusionserscheinungen verlaufen. Diese hören gänzlich auf, sobald die Differenz gleich Null geworden ist.

Legt man ein Stück Fleisch in eine Salzlake, eine Auflösung von Kochsalz in Wasser, so hat man einen endosmotischen Apparat, es werden Diffusionserscheinungen eintreten, Theilchen von der äußeren Kochsalzlösung in das Innere des Fleisches und umgekehrt wandern, und nicht eher wird Gleichgewicht eintreten, bis in beiden Medien die Differenz vollkommen aufgehoben ist. Da die äußere Salzlake ein höheres specifisches Gewicht besitzt, so wird zur Aufhebung dieses Mißverhältnisses die innere Fleischflüssigkeit austreten, nach außen wandern müssen, das Fleisch wird arm daran werden, es wird trocken und hat, da die Fleischflüssigkeit eine Menge nahrhafter Stoffe enthält, von seinem Nahrungswerthe bedeutend verloren, wie wir später noch ausführlicher sehen werden. Hier genüge es vorläufig, erklärt zu haben, in welcher Weise man sich die wasserentziehende Wirkung von verschiedenen zum Conserviren angewandten Substanzen denken muß. Zu dieser rein physikalischen Wirkung addirt sich bei manchen Substanzen noch eine chemische. Säuren, z. B. Essigsäure haben eine Neigung, mit dem Wasser wasserreichere Verbindungen, sogenannte Hydrate zu bilden, und diese Neigung kommt neben den besprochenen physikalischen Verhältnissen bei der Wasserentziehung mit in Betracht.

Drittens haben wir der Fernhaltung des Sauerstoffs als wichtigsten und sichersten Mittels zur Conservirung von Nahrungsmitteln zu gedenken. Man erreicht diesen Abschluß des Sauerstoffs auf verschiedenem Wege. Früchte bewahrt man in Oel auf oder bedeckt sie bloß mit einer Oel- oder Fettschicht. Die oxydirenden Wirkungen des Sauerstoffs beschränken sich dann auf das Fett, dieses wird ranzig, die Nahrungsmittel aber bleiben unverändert. Oliven conservirt man in feinem Oel; schon in alten Zeiten war dieses Mittel gebräuchlich.

So fand man im Jahre 1826 bei den Ausgrabungen in Pompeji einige wohlerhaltene auf diese Weise conservirte Flaschen mit Oliven. Der Oxydationsproceß hatte sich lediglich auf das Oel beschränkt, nicht auf die Oliven ausgedehnt. Durch Legen der Eier in Kalk, Bestreichen ihrer Schale mit Gummilösung oder mit Wasserglas hält man den atmosphärischen Sauerstoff ab. Bekanntlich sind viele Früchte mit einem weißen Staube überzogen. Dieser besteht aus einer dünnen Wachsschicht, welche die Früchte vor dem Verderben schützt. Eine Frucht, deren äußere schützende Schale nur an einer kleinen Stelle verletzt ist, fault sehr bald, weil der Sauerstoff nun ungehinderten Zutritt hat. Die ausgedehnteste Anwendung findet eine Methode, welche, obgleich im Laufe der Zeit mannigfach modificirt und verbessert, ihrem Erfinder zu Ehren noch immer unter dem Namen der Appert'schen Methode geht. Nach diesem 1809 entdeckten Verfahren werden die zu conservirenden Speisen, wenn sie, als ob sie genossen werden sollten, gehörig zubereitet sind, in Blechbüchsen eingefüllt, möglichst bis zum Rande derselben, der Deckel dann luftdicht aufgelöthet und nun längere Zeit in einem Kessel mit Wasser stehend gekocht. Durch diese Manipulation wird einmal der in der Büchse enthaltene Sauerstoff nach und nach in Kohlensäure umgewandelt, unschädlich gemacht, dann aber auch alle etwa vorhandenen organischen Keime, welche zur Entstehung von Fäulniß Veranlassung geben könnten, getödtet. Um die Nahrungsmittel einer höheren Temperatur auszusetzen, den Sauerstoff leichter in Kohlensäure überzuführen, die Keime gewisser zu zerstören, kocht man die Büchsen in Flüssigkeiten von höherem Siedepunkte als Wasser, z. B. in einer Lösung von Kochsalz, Salpeter, Syrup u. a. m.

Schließlich haben wir noch die Reihe derjenigen Substanzen zu erwähnen, welche wir schon früher unter dem Namen der antiseptischen zusammengefaßt haben, durch deren Gegenwart die Fäulniß von Nahrungsmitteln verhindert oder, wenn sie bereits im Gange ist, aufgehoben wird. Die Wirkungsweise dieser Substanzen läßt sich bis jetzt im Großen und Ganzen wenig auf wissenschaftliche Grundlagen zurückführen. Oft genügen äußerst geringe Mengen, um die Wirkung auszuüben. Es ist allgemein bekannt, wie langsam in mit kleinen Quantitäten Arseniks vergifteten Leichen der Vermoderungsproceß fortschreitet; solche Leichen sollen selbst nach Jahren noch gut conservirt sein. Die Wirkung der Antiseptica ist jedenfalls zweierlei Art; einmal eine chemische; sie führen gewisse stickstoffhaltige Stoffe in indifferente, nicht oder wenigstens schwer zersetzbare Verbindungen über: sie verhüten das Auftreten gewisser Erscheinungen, ohne welche kein Fäulnißproceß entstehen kann, dann aber auch zerstören sie die Organismen, deren vitale Thätigkeit die Ursache der Fäulniß ist, sie wirken auf diese Fäulnißerreger als Gifte, sie tödten diese. Zahlreich sind die Substanzen, welche man als Antiseptica in Vorschlag gebracht hat.

Hierher sind zu rechnen die in der Küche so häufig zur Anwendung kommenden Gewürze, in welchen verschiedene, mehr oder weniger genau chemisch erforschte riechende aromatische Principien enthalten sind. In dem Rauche kommen zahlreiche conservirende Verbindungen vor, von welchen außer der Essigsäure, dem Holzgeiste, verschiedenen Kohlenwasserstoffen, empyreumatischen Producten, hauptsächlich das Kreosot genannt zu werden verdient. Dieser Stoff, welcher in größter Menge in den trocknen Destillationsproducten des Buchenholzes enthalten ist und nicht mit dem Phenylalkohol, einem Producte der destillirten Steinkohlen, verwechselt werden darf, mit welchem er große Aehnlichkeit im Aeußern besitzt, ist zuerst von Reichenbach näher studirt worden. (S. übrigens Art. Leuchtstoffe.)

Daß man ihm von jeher eine bedeutende Wichtigkeit bei der Conservation des Fleisches beigelegt hat, geht schon aus der Ableitung des Namens hervor, von κρεας das Fleisch und σωζω ich bewahre, conservire. In der That spielt dieser Stoff dabei eine der wichtigsten Rollen, denn es ist eins der kräftigsten fäulnißwidrigen Mittel, aber auch die anderen Verbindungen nehmen an dem Vorgange Theil. Das Räuchern besteht im Wesentlichen in einer Imprägnation des Fleisches mit den verschiedenen im Rauche enthaltenen antiseptischen Stoffen. Die chemischen Vorgänge dabei sind noch wenig aufgeklärt. Durch die Wärme der Rauchkammer — des Locales, in welchem sich das zu räuchernde Fleisch befindet — wird ihm eine reichliche Menge von Wasser entzogen, es wird gedörrt; die in dem Fleische enthaltenen eiweißartigen Substanzen werden coagulirt, dadurch unschädlich gemacht. Dasselbe bewirken Kreosot und andere im Rauche enthaltene Stoffe. Die Coagulation des Eiweißes findet natürlich zuerst an der Oberfläche der Fleischmasse Statt, das coagulirte Eiweiß verstopft die einzelnen Poren und umgiebt so das Fleischstück gleichsam mit einer schützenden Hülle, welche den Zutritt von Sauerstoff, Feuchtigkeit und anderen fäulnißerregenden Stoffen erschwert. Im Ganzen sind die chemischen Vorgänge bei dem Räuchern noch nicht hinlänglich aufgeklärt; das, was wir soeben darüber angegeben haben, kann den ganzen Vorgang bei dem Räuchern nicht zur Genüge erklären, es sind das nur einzelne Glieder einer großen Kette, von verschiedenen neben einander laufenden, bis jetzt aber chemisch nicht fixirbaren Processen. Der Anwendung von Steinkohlen oder Braunkohlen zum Räuchern steht der Umstand entgegen, daß in dem Rauch derselben übel riechende und schmeckende Producte enthalten sind, die sich dem Fleische mittheilen würden. So kommen in den Kohlen häufig Schwefelmetalle vor, welche bei der Verbrennung Veranlassung geben zum Entstehen von schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff u. s. w. Die Anwendung der Holzkohle als conservirendes Mittel beruht auf der Fähigkeit derselben, in ihren Poren große Mengen von Gasen, übelriechenden, in der Luft enthaltenen Producten zu condensiren. Alkohol, das gebräuchlichste Mittel zum Aufbewahren von Präparaten, wirkt wasserentziehend. Das Gerben, d. h. die Ueberführung der thierischen an und für sich dem Verderben leicht ausgesetzten Häute, besteht im Wesentlichen in einer Imprägnation derselben mit Antisepticis; bei dem gewöhnlichen Gerben z. B. mit der Gerbsäure der Eichenrinde. Diese geht mit den Proteinstoffen der Häute unlösliche Verbindungen ein, macht also auf diese Weise dieselben unschädlich.

Das Hopfen der Bierwürze hat außer der Imprägs-

nation derselben mit den ätherischen und bitteren Stoffen des Hopfens den Zweck, das daraus gewonnene Bier haltbarer zu machen. Die in dem Hopfen enthaltene Gerbsäure schlägt einen Theil des Eiweißstoffes nieder und die bitteren aromatischen Stoffe im Verein mit dem Gerbstoff wirken giftig tödtend auf niedere thierische und pflanzliche Organismen ein, welche sich in dem Bier bilden könnten.

Die Zahl der antiseptisch wirkenden Stoffe ist Legion. Es sind, um einige der hauptsächlichsten zu erwähnen, dazu vorgeschlagen worden: von Gasen schweflige Säure, Kohlensäure, die Auflösungen der Alkalien, Kali, Natron in Wasser, Kalk, Alkohol, Kohlenwasserstoff (Benzin, Steinöl), Chloroform, Aether, ätherische Oele, Senföl, Alkaloide, starke Säuren, Essigsäure, arsenige Säure, Pikrinsäure, Gerbsäure, viele giftige oder nicht giftige Metallsalze, Kupfervitriol, Eisenvitriol, Zinkvitriol, Chlorbaryum, Sublimat, Chlorzink, essigsaure Thonerde, Kochsalz, Theer, Holzessig, Schwefelkohlenstoff, Abkochungen von aromatischen Substanzen, z. B. Kaffeeabsud u. a. m.

Bemerkenswerth sind die Ansichten, welche J. C. Leuchs in Nürnberg in einem kleinen Schriftchen über die Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, bezüglich der bei der Conservation stattfindenden Processe niedergelegt hat. Derselbe hält den großen — an 80 bis 90 Proc. herankommenden — Wassergehalt der Thier- und Pflanzenkörper für die vornehmste Ursache ihrer leichten Zersetzbarkeit und die Entfernung, Abscheidung oder Bindung des Wassers für das hauptsächlichste Moment bei allen Conservirungs-Verfahren. Luftabhaltung soll nur dann vor Verderben schützen, wenn zugleich, sei es nun durch Trocknen in höherer Temperatur oder durch wasserentziehende Substanzen Wasserentziehung stattfindet. Er macht darauf aufmerksam, daß bei allen eiweißhaltigen Substanzen bei der Coagulation die Zusammenziehung auf einen kleineren Raum und zugleich eine Wasserabscheidung stattfindet.

Conservirung thierischer Substanzen. Conservirung der Milch. Die Milch ist im Wesentlichen als eine Auflösung von Milchzucker, Casein und verschiedenen anorganischen Salzen in Wasser anzusehen, in welcher kleine, mikroskopische in einer albuminösen Hülle eingeschlossene Fetttröpfchen suspendirt sind. Diesen verdankt sie ihre eigenthümliche undurchsichtige, milchige Beschaffenheit. Von dem Momente an, wo die Milch aus den Drüsen der weiblichen Säugethiere heraustritt und mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommt, gehen in ihr chemische Veränderungen vor, welche sich hauptsächlich dadurch kund geben, daß sie ihren ursprünglichen süßen Geschmack nach und nach verliert und daß an dessen Stelle ein säuerlicher tritt; sie wird, wie man im gewöhnlichen Leben sagt, sauer. Hand in Hand mit dieser Veränderung geht die Gerinnung der Milch, das Gestehen derselben zu einem dicklichen Brei, das Dickwerden. Durch den Einfluß des Sauerstoffs der Luft entstehen in der Milch Fermente, welche die Bildung einer organischen Säure, der Milchsäure, zur Folge haben. Diese Säure bedingt den sauren Geschmack und ist die Ursache der Gerinnung. Diese besteht nämlich in einem Unlöslichwerden des in ihr enthaltenen Käsestoffs oder Caseins. Dieses zeigt nämlich die Eigenthümlichkeit, durch Säuren aus seiner Lösung in unlöslichem Zustande abgeschieden zu werden, ganz ebenso wie gewöhnliches Eiweiß durch Kochen seiner Lösung coagulirt, unlöslich gemacht wird. Sobald eine gewisse Menge von Milchsäure beim Stehen der Milch sich gebildet hat, wird eine entsprechende Menge von Käsestoff zum Gerinnen gebracht, unlöslich gemacht, bis endlich sämmtliches Casein sich in unlöslichem Zustande abgeschieden hat. Die Bildung der Milchsäure und in Folge dessen die Gerinnung der Milch erfolgt im Allgemeinen rascher bei erhöhter Temperatur, als bei niedriger; doch auch andere Einflüsse als die Temperatur scheinen dabei eine Rolle zu spielen. Jedermann weiß, daß nach einem Gewitter die Gerinnung schon in wenigen Stunden, ja oft momentan erfolgen kann. Man hat deshalb verschiedene Mittel vorgeschlagen, um die Bildung der Säure oder des säurebildenden Ferments zu verhüten. Dahin gehört das bekannte Mittel der Hausfrauen, die Milch von Zeit zu Zeit aufzukochen; dieses bezweckt eine vollständige Zerstörung des Ferments. Auf die Weise, durch wiederholtes Aufkochen, ist es Gay-Lussac gelungen, die Milch monatelang in frischem Zustande zu erhalten. Durch möglichst kühles Hinstellen derselben kann man ebenfalls den Eintritt der Säuerung hinausschieben. Man bewahrt die Milch in einem geräumigen, durch seine Lage nach Norden vor dem Einflusse der Sonne möglichst geschützten Locale, am besten in einem Keller auf, auf dessen Reinhaltung man die emsigste Sorgfalt verwenden muß. Es giebt wohl keine andere thierische Flüssigkeit, welche mit solcher Leichtigkeit ganz geringe in der Luft enthaltene Riechstoffe aufnimmt, als die Milch. Ist der Keller dumpfig, so wird unfehlbar die Milch nach kurzer Zeit diesen Geruch theilen, weshalb auch eine rasche Entfernung aus dem Kuhstalle anzuempfehlen ist, und haben sich durch Verschütten von Milch und nachlässige Reinigung saure Gerüche in dem Locale gebildet, so wird die Milch sich niemals lange unverändert halten können. Außerdem kann man auch durch Zusatz von gewissen Stoffen die gebildete Milchsäure neutralisiren, sättigen, die Abscheidung des Käsestoffs verhüten. Das gewöhnlichste dazu angewandte Mittel besteht in zweifach kohlensaurem Natron, dem Salze, welches in den Apotheken unter dem Namen Natrum bicarbonicum zu bekommen ist. Das Natron verbindet sich mit der gebildeten Säure, die Kohlensäure entweicht gasförmig und so kann die Flüssigkeit niemals sauer werden, und in Folge dessen der Käsestoff sich nicht ausscheiden. Es genügt dazu schon $1/_{1000}$ von dem Salze; dieser geringe Zusatz verändert die Eigenschaften, den Geschmack der Milch in keinerlei Weise.

In Paris verkauft man unter dem Namen Conservateur du lait eine Lösung von 95 Grm. Natrum bicarbonicum in 905 Grm. destillirten Wassers; der zehnte Theil eines Liters dieser Auflösung genügt, um 20 Liter Milch in der stärksten Sommerhitze vor dem Gerinnen zu schützen. Das Verzögern der Gerinnung des Käsestoffs oder die Verhütung derselben kommt namentlich dann in Betracht, wenn man die Milch auf Butter verarbeiten will. Bekanntlich sammelt sich beim

ruhigen Stehen an der Oberfläche der Milch der sogenannte Rahm, bestehend aus den Butterkügelchen, Fettkügelchen derselben, welche vermöge ihres geringeren specifischen Gewichts nach oben steigen. Je dünnflüssiger die Beschaffenheit der Milch ist, um so rascher, ungehinderter werden die Kügelchen an die Oberfläche steigen können, um so vollständiger wird die Milch „abrahmen". Dieses hört auf, sobald der Käsestoff geronnen ist, denn dieser zieht die noch suspendirten Butterkügelchen in sein Gerinnsel hinein. In der Regel erfolgt das Gerinnen eher, als sämmtliche Kügelchen an die Oberfläche gestiegen sind, und man erleidet so einen Verlust an Fett, der ein paar Procent betragen kann. Um diesen Verlust zu umgehen, der Milch zum vollständigen Abrahmen Zeit zu geben, hat Trommer den Vorschlag gemacht, ihr eine hinreichende Menge von kohlensaurem Natron, krystallisirter Soda zuzusetzen. Die dazu verwendete Soda muß rein sein, darf namentlich, mit Säuren übergossen, keinen Geruch nach faulenden Eiern, nach Schwefelwasserstoff entwickeln, welches von einem Gehalte an Schwefelnatrium zeugen würde. Eine solche Soda verdirbt die Milch unfehlbar. Die Soda wird der Milch in Lösung zugefügt. Auf 100 Quart Milch reichen nach Trommer's Angaben 2½ Pfd. Soda aus, um das Gerinnen vier bis fünf Tage, bis zum vollständigen Abrahmen, zu verhüten; in ganz heißen Sommertagen sind statt eines Procents anderthalb nöthig. Nach Duck eignet sich zur Verhütung des Sauerwerdens der Milch der Borax ganz vorzüglich, derselbe bringt nichts der Gesundheit Nachtheiliges in die Milch hinein, er kann in größerer Menge angewandt werden, ohne der Milch eine starke alkalische Beschaffenheit oder den unangenehmen laugenhaften Geschmack der Soda oder Potasche zu verleihen. Die basischen Eigenschaften befähigen den Borax zu dieser Anwendung.

Größere Schwierigkeiten stellen sich entgegen, wenn es darauf ankommt, die Milch für längere Zeit in ihrem ursprünglichen Zustande zu erhalten, wie das für Seereisen und ähnliche Unternehmungen nöthig wird. Wenn es auch durch Zusatz von Alkalien, wie eben erläutert, gelingt, die Abscheidung des Käsestoffs zu inhibiren, so hat man doch mit einem anderen dadurch nicht zu beseitigenden Uebelstande zu kämpfen, mit der Vereinigung der kleineren Fettkügelchen zu größeren Massen, zu Butter. Heftige und andauernde Bewegung, wie sie die Milch beim Transportiren auf Wagen oder auf Schiffen erleidet, wird unfehlbar nach und nach die Butter aus der Milch abscheiden.

Appert dampfte die Milch bis zu einer gewissen Concentration ein und schloß sie dann so oder nach Zusatz von Eidottern in Büchsen ein nach seinem Verfahren, welches wir unten kennen lernen werden. v. Lignac verbesserte die Methode. Er setzte gleich anfangs der Milch guten weißen Rohrzucker zu, auf 1 Liter ungefähr 75 bis 80 Grm. und concentrirte sie dann in möglichst flachen Gefäßen über Wasserdampf unter beständigem Umrühren auf ⅕ ihres ursprünglichen Volums. Das bleibende Extract brachte er in blecherne Büchsen oder Glasflaschen, welche nach der Appert'schen Methode hermetisch verschlossen wurden. Diese Art und Weise der Conservirung der Milch war lange Zeit allgemein gebräuchlich. Die Flaschen, mit möglichst engen Hälsen versehen, wurden mit fehlerfreien, durch Eintauchen in geschmolzenes Wachs vollkommen dicht gemachten Körken verschlossen, mit der Vorsicht, daß man durch Einschieben eines dünnen rinnenförmig gebogenen Bleches, des sogenannten Dilators, zwischen dem Kork und dem inneren Rand des Halses eine Communication mit der äußeren Luft herstellte. Die so hergerichteten, mit Milch angefüllten Flaschen kamen in ein Syrupbad und wurden in diesem so lange erhitzt, bis aus der kleinen durch das Zwischenschieben des Bleches gelassenen Spalte ein tüchtiger Strahl von Wasserdämpfen entwich. Dann wurde das Blechstück herausgezogen und die Körke möglichst tief eingedrückt. Beim Erkalten wurden diese durch den äußeren Luftdruck noch besser eingetrieben. Durch Ueberziehen mit Lack sorgte man für den letzten Verschluß. Diese Methode der Conservirung war lange Zeit allgemein gebräuchlich; es soll nach ihr die Milch selbst in heißen Gegenden auf langen Expeditionen gesund erhalten worden sein.

Die Milch in ihrem ursprünglichen Zustande, ohne sie abzudampfen und ihr einen fremden Körper beizumischen, zu conserviren, ist erst Mabru gelungen. Derselbe hat auch für sein Verfahren den von der Société d'encouragement in Frankreich dafür ausgesetzten Preis erhalten. Er versiegelte im Beisein mehrerer Mitglieder dieser Gesellschaft einige Metallflaschen mit Milch im Juli 1853; die Flaschen wurden vor derselben Commission nach Verlauf von fast zwei Jahren, nachdem dieselben eine Reise nach Brasilien mitgemacht hatten, im April 1855 wieder geöffnet und es fand sich, daß die Milch vollkommen conservirt war. Es hatte sich keine Spur von Butter daraus abgeschieden, nur an der Oberfläche fand sich etwas Rahm angesammelt, welcher aber leicht durch Schütteln mit der Milch wieder vereinigt werden konnte. Die Milch verhielt sich wie frische. Die Methode, auf welcher das Verfahren basirt, ist ungemein einfach. Auch die dazu nöthigen Apparate sind nicht complicirt zu nennen. Das Verfahren soll im Folgenden in der Kürze auseinandergesetzt werden, bezüglich der Specialitäten müssen wir auf die Originalabhandlung Bulletin de l'Encouragement Juli 1855 S. 400 oder im Auszuge in Dingler's Polytechn. Journal Bd. 138 S. 142 hinweisen, woselbst auch (auf Taf. II.) ein Aufriß des Apparats in anschaulicher Weise wiedergegeben ist.

Das Erhitzen der Milch geschieht in metallenen Büchsen oder Flaschen, welche davon möglichst voll gefüllt werden müssen. Diese sind mit einem senkrechten engen Halse von Blei oder Zinnblech von 1 Centimeter (5 Linien) innerem Durchmesser versehen. Die Röhre einer solchen Flasche oder Büchse steht mit einem oberen Behälter in Verbindung, in welchem gleichfalls Milch enthalten ist. In diesen tritt die durch die Ausdehnung beim Kochen aus dem unteren Gefäße verdrängte Milch hinein. Die in dem oberen Behälter enthaltene Milch wird mit einer dünnen Schicht von Olivenöl bedeckt. Der ganze Apparat läßt sich einer Flasche vergleichen, auf welcher mittelst eines Rohres luftdicht ein Trichter befestigt ist. Zwölf bis funfzehn solcher Flaschen kommen in ein großes verschlossenes Gefäß und werden in

diesem durch Wasserdämpfe auf 75 bis 80° C. erhitzt, ungefähr eine Stunde lang. Die in der Milch enthaltene Luft wird so vollständig ausgetrieben, sie entweicht durch die Oelschicht, diese verhindert zu gleicher Zeit beim Abkühlen der Flaschen den Rücktritt der Luft nach innen. Hat man lange genug erhitzt, was man daran erkennen kann, daß durch die Oelschicht keine Blasen mehr entweichen, so stellt man den Wasserdampf ab und läßt auf 20° C. erkalten, drückt dann mittelst einer Zange die Bleiröhre unmittelbar über der Flasche zusammen, schneidet den anderen Theil der Röhre ab und verschließt die gebliebene kleine Spalte durch sorgfältiges Verlöthen mit Zinnloth. So ist die Milch durch Erhitzen bei Luftabschluß vollständig von beigemengter Luft befreit und die Flaschen sind, was außerdem von großer Wichtigkeit ist, vollständig gefüllt; da kein leerer Raum vorhanden ist, kann die Milch im Innern derselben nicht schaukeln, die Fettkügelchen können sich nicht zu Butter vereinigen. Sollen die Büchsen nach solchen Ländern versandt werden, welche eine durchschnittlich höhere Temperatur besitzen als unsere, so müssen sie bei einer Temperatur verschlossen werden, welche der mittleren Temperatur jener gleich ist. Versäumt man diese Vorsichtsmaßregel, so werden sie durch die Ausdehnung unfehlbar zertrümmert werden.

In ganz jüngster Zeit ist von Trommer in Eldena eine Milchconserve dargestellt worden, wovon Proben auf der Hamburger Ausstellung ausgestellt waren. Die Bereitung derselben wird bis jetzt geheim gehalten.

Conservirung der Butter. Die Butter ist ein Gemenge verschiedener in der Milch vorkommender Fette. Diese lassen sich ansehen als Verbindungen von fetten Säuren oder Fettsäuren plus Glycerin minus Wasser; sie sind dadurch ausgezeichnet, daß sie beim Kochen mit Alkalien unter Wasseraufnahme in fette Säuren und Glycerin sich spalten. Bewahrt man sie längere Zeit an der Luft auf, so geht ein ähnlicher Proceß wie bei dem Kochen mit Alkalien vor sich, sie zersetzen sich zum Theil in der angegebenen Weise; enthalten sie flüchtige fette Säuren, so nehmen sie einen üblen Geruch an, den man gewöhnlich mit dem Namen ranzig bezeichnet. Dieser ranzige Geruch rührt aber nicht allein von den frei gewordenen flüchtigen fetten Säuren, bei der Butter von Caprin-, Capron-, Buttersäure u. s. w., her, sondern auch von dem Glycerin, welches unter der Einwirkung des Sauerstoffs sich theilweise oxydirt zu einem äußerst penetrant riechenden Körper, dem Acrolein. Außer dem Sauerstoff giebt die in der Butter von dem Buttern zurückbleibende caseinhaltige Flüssigkeit Veranlassung zu einem raschen Verderben derselben; Butter, die lange aufbewahrt werden soll, muß deshalb von jener stickstoffhaltigen Flüssigkeit durch sorgfältiges Waschen, wiederholtes Kneten unter Wasser vollständig befreit werden. Um diese möglichst zu entfernen, stellt man aus der Butter das sogenannte Schmalz dar. Dieses ist namentlich in Süddeutschland ganz allgemeine Sitte. Die Butter wird in einem tiefen Gefäße, einem Kessel, bei möglichst niedriger Temperatur geschmolzen. Anfangs bildet sie dabei eine weißliche, emulsionsartige Masse; sie kocht, indem sich das in ihr enthaltene Wasser verflüchtigt. Ist dieses entwichen, so kommt der Käsestoff, welcher mechanisch eingeschlossen war, in Form einer grauen Masse, Butterschwamm, an die Oberfläche und kann leicht durch Abschöpfen mit einem durchlöcherten Löffel, einem sogenannten Schaumlöffel, oder durch Abseihen durch ein flanellenes Tuch, entfernt werden. Das reine Fett, Schmalz, kommt nun in Gefäße, in welchen es zu einer mehr oder weniger gelben Masse erstarrt, die sich, falls man jene außerdem so viel wie möglich vor Luftzutritt schützt, sehr lange hält. Will man die Butter an und für sich aufbewahren, so muß man sie einsalzen. Man operirt dabei in der Weise, daß man die vorher sorgfältig gewaschene Masse in kleinen Mengen mit fein gepulvertem Kochsalz bestreut und dieses durch tüchtiges Kneten in der Butter möglichst vollständig zertheilt. Die Menge des Salzes, welche man dabei anwenden muß, richtet sich nach dem Geschmacke des consumirenden Publicums und nach der Länge der Zeit, während welcher die Butter aufbewahrt werden soll. Je länger man dieselbe conserviren will, um so mehr Salz muß natürlich angewandt werden. Hauptsächlich ist darauf zu achten, daß das Salz möglichst rein, namentlich frei von Chlormagnesium sei. Letzteres würde der Butter einen unangenehmen bitteren Geschmack ertheilen. Die Gegenwart von Chlormagnesium im Salze giebt sich leicht durch ein rasches Feuchtwerden an der Luft zu erkennen; sind größere Mengen vorhanden, so wird das damit verunreinigte Salz schließlich vollständig zerfließen. In einigen Gegenden fügt man dem Kochsalze geringe Mengen von Salpeter, auf 1 Pfund Salz ungefähr 1 Quentchen hinzu. Die eingesalzene Butter wird in helle, nicht aus harzigem Holze verfertigte Fässer fest eingestampft. Diese müssen vorher durch kaltes oder heißes Wasser, durch eine Auflösung von Potasche u. s. w. sorgfältig ausgelohet sein, sonst wird die Butter unfehlbar bald den Geschmack des Holzes annehmen. Aber selbst bei der sorgfältigsten Aufbewahrung werden doch mit der Zeit in der Butter Veränderungen vor sich gehen, welche den Geschmack derselben wesentlich beeinträchtigen. Niemals schmeckt sogenannte Faßbutter so rein, als die frische, immer besitzt sie einen eigenthümlichen Geruch und einen mehr oder weniger scharfen, kratzenden Geschmack. Zur Verbesserung eines bereits ranzig gewordenen Products hat man die Behandlung mit verdünnten Lösungen von Alkalien, z. B. mit Soda anempfohlen. Durch dieselben werden die frei gewordenen flüchtigen fetten Säuren oder Fettsäuren in nicht riechende Salze übergeführt, welche durch Auswaschen mit kaltem Wasser leicht entfernt werden können. Im Sommer kann man frische Butter nur dadurch unverändert erhalten, daß man sie an einem möglichst kühlen Orte aufbewahrt.

Ganz im Allgemeinen schützt man Fette, Talg, Schmalz, Oele u. s. w. vor dem Ranzigwerden durch Aufbewahrung in verschlossenen Gefäßen bei möglichst niederer Temperatur. Namentlich leicht unterliegen Hammel- und Rinderfett dem Ranzigwerden. Man kann dieselben leicht davor schützen, indem man sie im geschmolzenen Zustande, wie sie von dem Braten abgeschöpft werden, in Gefäße einfüllt, welche mit einem

engen Halse versehen, leicht durch einen Kork verschlossen werden können. Man füllt diese möglichst voll, um den Sauerstoff ganz abzuhalten, und stellt sie in den Keller. So aufbewahrt, läßt sich das Fett zu allen culinarischen Zwecken verwenden, ohne den damit zubereiteten Speisen einen unangenehmen Geschmack mitzutheilen, wie ich aus eigener Praxis bestätigen kann. Um das Fett flüssig zu machen, stellt man die Flaschen in warmes Wasser.

Conservirung der Eier. Die Eier enthalten unter einer hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk bestehenden Schale das Eiweiß und den Dotter. Ersteres ist im Wesentlichen eine concentrirte Lösung von Natron-Albuminat, letzteres eine Emulsion, in welcher verschiedene Stoffe, phosphorhaltige Fette, Zucker u. a. m. gelöst sind. Die kalkige Hülle und die zwischen dieser und dem Eiweiß liegenden Häute schützen ohne alle weiteren Vorbereitungen das Innere des Eies vor raschen Veränderungen. Durch den Verdunstungsproceß tritt jedoch mit der Zeit aus dem Ei Wasser aus und an dessen Stelle Luft ein, welche zersetzend wirken wird. Da das Eiweiß beim Erhitzen auf eine gewisse Temperatur gerinnt (das Hartkochen der Eier beruht ja auf einem Unlöslichwerden des Eiweißes), so kann man dieselben nicht durch Anwendung von Wärme conserviren. Die Methoden, welche zum Conserviren vorgeschlagen sind, beruhen deshalb hauptsächlich auf einer Abhaltung der Luft durch völliges Dichtmachen der an und für sich porösen, für Luft durchdringlichen Schale. Bedicovits empfiehlt, die Schalen mit einer concentrirten Auflösung von arabischem Gummi in Wasser zu bepinseln, Nowoley hat dazu eine concentrirte Lösung von Wasserglas vorgeschlagen. Dieses wird sich mit dem Kalke der Schale zu Kalksilicat verbinden und so die Poren vollkommen undurchdringlich machen. Auch Firnisse, trocknende Oele (Leinöl z. B.) hat man vorgeschlagen. Häufig legt man die Eier in Kalkwasser; Kalkhydrat oder Kalkbrei eignet sich nicht so gut, weil dieser mit der Zeit erhärtet und dann schlecht von den Eiern getrennt werden kann. Um das Kalkwasser immer hinreichend gesättigt zu halten, sorgt man dafür, daß am Boden stets etwas ungelöstes Kalkhydrat zugegen ist; auch dieses verhütet den Zutritt des Sauerstoffs durch Verstopfung der Poren mit kohlensaurem Kalk. Auch durch Anwendung von frisch ausgeglühten Holzkohlen gelingt es, nach Duflos, Eier zu conserviren. In einem dichten Holzkasten, auf dessen Boden eine 2 bis 3 Zoll hohe Schicht grob gestoßener Kohlen in bohnengroßen Stücken sich befindet, wird ein zweiter aus Drahtgeflecht gefertigter Kasten, dessen Wandungen von denen des Holzkastens 3 bis 4 Zoll abstehen, gesetzt und die Zwischenräume mit dem Kohlenklein ausgefüllt. Die Maschen des Drahtgeflechtes müssen so fein sein, daß die Kohlen nicht hindurchfallen. In den inneren Kasten werden die zu conservirenden Eier gelegt, entweder auf irdenen Schüsseln oder unmittelbar. Das Ganze wird mit einem Holzdeckel bedeckt. Die Holzkohlen werden nach einer gewissen Zeit unbrauchbar und müssen durch frische ersetzt werden. Die Methode ist nicht allein für Eier, sondern auch für andere Gegenstände, Fleisch z. B., anwendbar. Rohes Fleisch, welches auf weite Strecken hin versandt werden soll, verpackt man direct zwischen Kohlenpulver.

Conservirung des Fleisches. Das Fleisch erscheint, sowohl vom anatomischen als auch vom chemischen Standpunkte aus betrachtet, als eine sehr complex zusammengesetzte Substanz, bestehend aus vielen morphologisch differenten Elementen, Muskelfasern, Arterien, Sehnen, Nerven, Fettsubstanzen u. s. w., die durchtränkt sind von der sogenannten Fleischflüssigkeit, einer Auflösung zahlreicher chemisch mehr oder weniger genau durchforschter Stoffe in Masse, worunter wir nur die Albuminate, Fette, Leimsubstanz, Kreatin, Kreatinin, Säuren, namentlich Milchsäure, Inosit, Sarkin und verschiedene anorganische Salze erwähnen wollen. Das Fleisch ist reich an Wasser und an Proteinstoffen, Umstände, welche es dem Verderben ungemein zugänglich machen.

Methoden, welche auf dem völligen Abschlusse der Luft beruhen. Die erste der hier zu besprechenden Methoden ist die von Appert, welche wir schon wiederholt zu erwähnen Gelegenheit hatten. Die anderen gleichfalls hieher gehörigen sind nichts weiter, als Verbesserungen und Modificationen des Appert'schen Verfahrens, das sich lange Zeit der allgemeinsten Anwendung zu erfreuen hatte und auch heute noch in vielen Haushaltungen angewandt wird, da dasselbe höchst einfach ist und ohne große Apparate in jeder Küche ausgeführt werden kann. Die Gefäße, in welchen die zu conservirenden Substanzen, gleichgültig ob Fleisch, Gemüse u. s. w., aufbewahrt werden, bestehen aus größeren oder kleineren Blechbüchsen, die entweder die Gestalt eines Cylinders oder eines länglichen Würfels besitzen. Sie sind aus dünnem Weißblech gefertigt, sehr sorgfältig gelöthet und mit einem nach innen einspringenden Rande versehen, so daß ein kleiner Blechdeckel auf demselben festgelöthet werden kann. Nachdem die Speisen vorher, um ihr Volum möglichst zu verringern, abgebrüht oder abgekocht, auch wohl mit aromatischen Substanzen, Gewürzen, bestreut sind, kommen sie in die Büchsen hinein, in welchen man sie möglichst dicht einpacken muß. Dann wird der Deckel luftdicht aufgelöthet, mehrere gemeinschaftlich in ein Wasserbad gestellt und in demselben 2 bis 4 Stunden lebhaft erhitzt. Während dieser Zeit wird sämmtlicher vorhandene Sauerstoff von den Substanzen absorbirt und alles organische Leben (thierische und pflanzliche Keime) vollständig getödtet. Man erkennt den vollkommenen Schluß einer Büchse daran, daß während des Kochens keine Luftblasen aus derselben aufsteigen und daß nach beendigter Operation, nach dem völligen Erkalten, der Deckel eine nach innen gewölbte Form annimmt. Es entsteht ja während des Kochens ein luftverdünnter Raum, der äußere Luftdruck wird deshalb den Deckel nach innen pressen, wenn nicht durch Oeffnungen die Communication und in Folge dessen die Ausgleichung zwischen dem inneren Raume und der äußeren Umgebung möglich gemacht wird.

Die in solchen Büchsen aufbewahrten Speisen halten sich in der Regel, d. h. wenn alle Cautelen genau beob-

achtet wurden, beliebig lange. So befand sich auf der Londoner Industrie-Ausstellung im Jahre 1851 eine Sammlung von Speisen in solchen Büchsen, welche von dem Jahre 1813 herrührten und vollkommen erhalten waren. Sollen sie eine Seereise mitmachen, an feuchten Orten aufbewahrt werden, so schützt man das Weißblech vor Zerstörung durch Oxydation (Rosten) durch einen Anstrich mit einem Firniß, am besten einem Oelfirniß, welchen man auf die noch warmen Büchsen applicirt. In trockner Luft halten sie sich ohne diesen.

Eine Ursache des Verderbens der auf diese Weise conservirten Speisen ist darin zu suchen, daß in einzelnen Gegenständen, z. B. in Röhrenknochen, so große Mengen von Luft enthalten sind, daß der Sauerstoff derselben beim Erhitzen von den Speisen nicht vollständig absorbirt werden kann. Um der in den Büchsen eingeschlossenen Luft beim Kochen einen Ausweg zu gestatten, modificirte Villaumez das Appert'sche Verfahren dahin, daß er beim Erhitzen der Substanzen, welches er in Flaschen vornahm, zwischen dem Korke und dem inneren Rande des Halses den sogenannten Dilator einschob, ganz so wie das schon oben S. 1402 bei dem von v. Lignac zum Conserviren der Milch angewandten Verfahren ausführlich besprochen worden ist. Zum Erhitzen wandte er eine Flüssigkeit, bestehend aus 12 Th. Wasser, 2 Th. Kochsalz und 2 Th. Zucker-Syrup, an, deren Siedpunkt bei 108° C. liegt. Im Uebrigen gleicht das Verfahren dem Appert'schen, der Verschluß der Flaschen ist dem von v. Lignac angewandten vollständig gleich.

Ebenfalls eine möglichst vollständige Entfernung aller Luft aus den Büchsen bezweckt das von Fastier und Morel-Fatio angegebene Verfahren. In dem Deckel der auf die gewöhnliche Weise hergerichteten Büchsen läßt man beim Auflöthen eine kleine Oeffnung; aus dieser entweichen beim Kochen die Dämpfe und Gase, wenn der Dampf mit Heftigkeit aus der Oeffnung tritt, das Kochen eine geraume Zeit gedauert hat, verschließt man die Oeffnung durch einen Tropfen geschmolzenen Lothes, kühlt die Büchse dann durch Aufspritzen von kaltem Wasser ab. Hierdurch werden die im Innern enthaltenen Dämpfe sich verdichten, durch das entstandene Vacuum die in den Speisen zurückgebliebene Luft sich ausdehnen, daraus frei werden. Nach einiger Zeit öffnet man die kleine Oeffnung der Büchse wieder, erhitzt aufs Neue, löthet wieder zu, kühlt ab und wiederholt die Operation so oft, bis man ein fast vollständiges Vacuum erzielt hat. So wird selbst bei Büchsen von 50 Kilogramm Inhalt alle Luft vollständig ausgetrieben. Je größer die Büchsen sind, aus desto stärkerem Weißbleche müssen sie angefertigt werden.

Nasmyth versieht die Büchsen mit einem kleinen offenen zinnernen Rohre, nachdem er den Deckel fest aufgelöthet hat. Durch das Rohr bringt er in jede Büchse etwas Alkohol. Beim Erhitzen treibt der sich entwickelnde Alkoholdampf die Luft aus; die Operation wird abgebrochen, sobald der entweichende Dampf sich entzünden läßt. Man drückt die Röhren zusammen und löthet sie zu, wie S. 1403 beschrieben ist. Das Verfahren soll sich besonders zum Conserviren von gekochtem Fleische mit seiner Brühe eignen.

Andere Methoden wollen die Abschließung der Luft durch Ueberziehen des Fleisches mit einem Stoffe, welcher jener eine feste undurchdringliche Schicht entgegensetzt, erreichen. Man bestreicht das Fleisch mit einer dicken Auflösung von Gummi arabicum in Wasser, oder mit einer Lösung von Gelatine oder Leim. Beide Verfahren sind schon lange Zeit in Anwendung. So besteht in Grenelle bei Paris eine Anstalt, in welcher man jene Methode zur Ausführung bringt; zur Zeit des Krieges in der Krim wurden große Mengen von auf diese Weise behandeltem Fleische nach dort geschickt. Die Gallerte bereitet man aus den werthlosen Abfällen der Schlachthäuser, aus den Köpfen, Füßen, Sehnen u. s. w. Das Fleisch wird, bevor es mit der Gelatine überzogen wird, möglichst ausgetrocknet.

Verfahren von Robert. Dieses Verfahren, welches für Frankreich patentirt war (1856), besteht in einer Imprägnation des vorher getrockneten Fleisches mit schwefliger Säure und der Ueberziehung desselben mit einer Auflösung von Eiweiß, Zucker in einer Abkochung von Eibisch. Das Specielle des Verfahrens ist das Folgende. Man trocknet das Fleisch gehörig und hängt es in einzelnen Stücken, ohne daß diese sich berühren, in einem Kasten, einer Tonne oder bei größeren Mengen in einer gemauerten, im Innern mit Brettern ausgekleideten Kammer auf. Um einen hermetischen Verschluß herbeizuführen, müssen die Thürränder mit Filz- oder Kautschukplatten belegt sein. An dem oberen und unteren Theile der Kammer befindet sich ein mit einem Hahne versehenes Bleirohr. Nachdem man die Kammer mit den Fleischstücken ausgerüstet hat, läßt man am einfachsten, indem man Luft mittelst eines Blasebalges durch brennenden Schwefel treibt, durch das unten befindliche Rohr schweflige Säure eintreten; durch diese wird nach und nach die Luft verdrängt; ist die Kammer gehörig mit schwefliger Säure angefüllt, was man daran erkennt, daß die oben entweichende Luft stark darnach riecht, so verschließt man die Hähne des unteren und oberen Bleirohres und überläßt nun die Fleischmassen der Einwirkung, was nach der Größe der Stücke verschieden lange dauern muß. Stücke von 2 bis 3 Kilogramm brauchen nur 10 Minuten, Stücke von 10 Kilogramm 20 bis 25 Minuten zu ihrer vollständigen Imprägnation mit schwefliger Säure. Nachdem man sie wieder herausgenommen, durch Hängenlassen an der freien Luft die größte Menge der überschüssigen schwefligen Säure entfernt hat, werden sie mit einem Pinsel mit einem dünnen Ueberzuge möglichst sorgfältig, so daß keine Lücken bleiben und namentlich an den Stellen, welche geschnitten wurden oder wo Höhlungen sitzen, von dem oben erwähnten Firnisse versehen. 1 Kilogramm trocknes Eiweiß löst man in einer starken Abkochung von Eibischwurzeln auf (den Wurzeln von Althaea officinalis) und fügt etwas Rohrzucker-Melasse hinzu.

Die Methode liefert für die verschiedenartigsten Gegenstände, Wildpret, Geflügel mit oder ohne Federn, Fische, Früchte und Gemüse gute Resultate. Der Firniß verleiht den Gegenständen keinen unangenehmen Geschmack, das so präparirte Fleisch besitzt ganz die Eigenschaften des frischen. Soll es transportirt werden, so wird es in Fässer eingepackt und diese, um eine Reibung

der einzelnen Stücke und in Folge dessen eine Erwärmung zu verhüten, mit bei möglichst niedriger Temperatur geschmolzenem Talge oder Fette ausgegossen. Die Anwendung der schwefligen Säure hierbei ist nicht neu, sie ist schon von Braconnot vorgeschlagen worden.

Nach einem in England patentirten Verfahren von de Clermont werden die zu conservirenden Fleischstücke in eine Lösung von essigsaurer Thonerde eingetaucht, darauf in eine warme, wäßrige Lösung von Tragantgummi, in welcher sie 2 Stunden bleiben, und schließlich in eine Gelatinlösung, welche mit etwas essigsaurer Thonerde versetzt ist, eingetaucht. Nach dem Trocknen der so präparirten Stücke fängt man die Operationen von vorn an und wiederholt dieselben, bis das Fleisch gehörig präparirt ist. Zimettin und Bonnière überziehen das in heißer Luft getrocknete Fleisch mit einer dünnen Schicht von Guttapercha oder Kautschuk, welche in Schwefelkohlenstoff aufgelöst sind. Die Lösungen brauchen nur verdünnt zu sein. Zwei- bis dreimaliges Eintauchen in dieselben genügt in den meisten Fällen. Die conservirten Stücke bewahrt man zwischen Sand oder Kohlenklein auf.

Auch durch Austrocknen allein kann man das Fleisch conserviren, ein Verfahren, welches von den Indianern Süd- und Nordamerikas seit undenklichen Zeiten zur Bereitung des Tassajo oder Pemmikan benutzt wird. Dieser Tassajo besteht aus reinem an der Sonne getrockneten Fleische. Vor dem Trocknen wird das Fleisch in dünne Scheiben zerschnitten, es hält sich sehr gut und enthält alle wichtigen Nahrungsstoffe, wenn auch nicht in sehr schmackhaftem, aber wenigstens in ungeschwächtem Maße. Auf diesem Principe beruht auch die von Verdeil empfohlene Methode. Das von Fett möglichst befreite Fleisch kommt in Scheiben von 1 bis 5 Centimeter Dicke (die Schnitte macht man immer möglichst quer gegen die Richtung der Fasern) in eine Kammer auf Horden von Weidengeflecht, in welche durch mehrere Oeffnungen Wasserdampf von einer Expansionskraft von 3 bis 4 Atmosphären (135 bis 145° C.) eingeleitet wird. Die Kammer darf nicht hermetisch verschlossen sein, damit sie durch den Druck nicht zersprengt werden kann; man muß dem Dampfe einen geringen Ausweg lassen. Die Kammer kann von Blei, auch von Eisen sein. Die Dämpfe haben nach 5 bis 10 bis 15 Minuten, je nach der Dicke der Fleischmassen, genug eingewirkt. Das so behandelte Fleisch, welches in seinem Geschmack dem gebratenen gleich kommt, ein runzliches Ansehn, eine graue Farbe besitzt, kommt nun auf Hürden zu liegen oder wird an Haken aufgehängt in einer anderen Kammer, deren Temperatur höchstens 40 bis 50° C. sein darf; nach Verlauf von 8 bis 12 Stunden ist es hier völlig ausgetrocknet. Vor Insecten und Feuchtigkeit geschützt, in Büchsen von Blech oder in gut verschlossenen Fässern aufbewahrt, hält sich das Fleisch beliebig lange. Um die Spuren von Feuchtigkeit, welche das Fleisch noch zurückhalten könnte, zu entfernen, bestreut man den Boden der Fässer oder Büchsen mit etwas Salz. Will man es benutzen, so bringt man es eine oder zwei Stunden lang in warmes Wasser, es liefert eine ausgezeichnete Fleischbrühe und kann nach dem Kochen von frischem nicht unterschieden werden.

Methoden, welche auf einer Imprägnation mit Antisepticis beruhen. Räuchern des Fleisches. Dasselbe besteht, wie in den einleitenden Bemerkungen auseinandergesetzt ist, in einer Imprägnation mit verschiedenen im Rauche enthaltenen antiseptisch wirkenden Stoffen. Diesem Processe parallel geht bei dem Räuchern zugleich ein Austrocknen vor sich, was die Haltbarkeit des Productes noch vermehrt. Das Räuchern geschieht in der sogenannten Rauchkammer, einem meist unter dem Dache gelegenen Locale, in welches die Producte der Verbrennung aus den einzelnen Feuerungen hineintreten. Die Fleischstücke werden an Latten, ohne sich gegenseitig zu berühren, aufgehängt, häufig auch mit Löschpapier sorgfältig umwickelt oder in Leinwand eingenäht, um die Bildung einer braunen rußigen Kruste an der Oberfläche zu verhüten, und bleiben nach der Größe der Einwirkung des Rauches verschieden lange ausgesetzt. Die Temperatur der Rauchkammer darf weder zu hoch noch zu niedrig sein; im ersteren Falle würde das Fett schmelzen, im letzteren sich zu viel Wasserdampf auf den Gegenständen niederschlagen. Sie nehmen nach und nach den eigenthümlichen Geschmack des Rauches an, ihre Farbe wird dunkler und in Folge der Einwirkung der Wärme und des dadurch bewirkten Trocknens erhalten sie, was nicht zu ihrem Vortheile gereicht, eine gewisse Härte. Im Allgemeinen kann man der Methode keine Einwürfe machen, denn nahrhafte Stoffe gehen dabei nicht verloren. Sollen jedoch Gegenstände rasch geräuchert werden, so kann man sie nicht anwenden, weil sie zu viel Zeit erfordert. Man hat sich deshalb nach einem Verfahren umgesehen, welches dieselben Zwecke in kürzerer Zeit erreicht, und nennt dasselbe, im Gegensatz zu dem gewöhnlichen, die Schnellräucherung oder, da dieselbe mit Flüssigkeiten geschieht, die Räucherung auf nassem Wege. Zu dem Ende bestreicht man die Fleischstücke mit Holzessig an der Oberfläche, läßt sie an einem warmen Orte einige Zeit hängen und wiederholt diese Operation, nachdem der erste Holzessig eingezogen ist, mehrere Male. Den Essig verdünnt man zweckmäßig mit 2 bis 3 Th. Wasser. Kleinere Gegenstände, Würste, Häringe u. a. m. sind schon nach Verlauf von einem Tage vollständig geräuchert, sie haben allen antiseptischen Stoff des Rauches aufgenommen und sind durch die lange Einwirkung der Wärme nicht so ausgetrocknet worden, was diese Methode vor der ersten entschieden empfehlen muß. Als rauchgebendes Material eignet sich am besten das Buchenholz, wegen seines Reichthums an Kreosot und Essigsäure. Dem Buchenholz ziemlich nahe stehen andere Laubhölzer. Nadelhölzer, wegen ihres großen Gehalts an harzigen Stoffen, Torf, Braunkohlen, Steinkohlen sind gänzlich unbrauchbar. Bei der zunehmenden Feuerung mit letzteren wird die Räucherung immer mißlicher, und da der allgemeinen Anwendung des Holzessigs der Umstand entgegensteht, daß er den damit behandelten Gegenständen leicht einen zu starken penetranten Geruch und Geschmack verleiht, namentlich wenn er im Uebermaß angewandt wird, jene leicht mit Kreosot u. s. w. überladet, so empfiehlt Jäger folgendes Verfahren. 1 Pfd. Glanzruß von reiner Holzfeuerung, wie er sich in den unteren Theilen einer jeden Esse ansetzt,

kocht man mit 8 Quart Wasser, bis die Hälfte verdampft ist, und fügt nach dem Erkalten und Durchseihen 2 bis 3 Hände voll Kochsalz hinzu. In diese Flüssigkeit, welche hinreicht, um die Würste, den Speck, die Schinken u. s. w. eines 120pfündigen Schweines zu conserviren, bringt man kleine Würste $\frac{1}{4}$ Stunde, größere Blut- und Schlackwürste $\frac{1}{2}$, große Magen- und Cervelatwurst $\frac{3}{4}$ bis 1 Stunde, Speck, je nach der Größe, 6 bis 8, Schinken 12 bis 16 Stunden. Die Gegenstände läßt man nach dem Schlachten einige Tage an einem luftigen Orte abtrocknen. Nach dem Erfinder soll der Geschmack der so behandelten Würste u. s. w. weit angenehmer sein, als nach der gewöhnlichen Holzräucherung.

Auch durch Einlegen des Fleisches in saure Milch oder in Essig gelingt es, dasselbe zu conserviren. In beiden Fällen wird aber das Fleisch theilweise ausgelaugt, es verliert von seinem Nahrungswerthe. Runge hat diesen Uebelstand dadurch beseitigt, daß er das Fleisch nur in dem Dunste der Essigsäure aufbewahrte. Man nimmt dazu eine große Terrine mit einem wohlschließenden Deckel, gießt auf den Boden derselben 1 bis 2 Loth der stärksten Essigsäure, sogenannten Eisessig, und legt das Fleisch auf Holzstäbe, die man 1 bis 2 Zoll hoch über dem Boden anbringt. Nach dem Auflegen des Deckels füllt sich das Gefäß mit den Dämpfen der Essigsäure und das Fleisch bleibt vor jeder Verderbniß bewahrt. Endlich ist auch der Aldehyd zum Conserviren des Fleisches vorgeschlagen worden. Die Stücke kommen in ein verschließbares Gefäß, ganz so wie eben bei der Essigsäure beschrieben ist, auf dessen Boden sich Aldehyd befindet. Wegen der Flüchtigkeit desselben muß für einen recht guten, wo möglich hermetischen Verschluß gesorgt werden. Der Aldehyd wirkt in doppelter Weise conservirend, einmal durch Entziehung von Sauerstoff, wobei er sich selbst in Essigsäure verwandelt, und dann durch diese selbst. Von Augend ist das Chloroform als ein kräftiges Antisepticum vorgeschlagen worden; man bringt das Fleisch in gut verschließbare Flaschen, gießt auf den Boden derselben einige Tropfen Chloroform, $\frac{1}{100}$ genügt schon, um Zersetzungsprocesse vollständig fernzuhalten.

Endlich haben wir noch das Pökeln des Fleisches zu besprechen. Es ist im Frühern bereits ausführlich auseinandergesetzt worden, welche Processe bei dem Pökeln vorgehen; das Fleisch wird dabei mit einer antiseptischen Substanz, mit Kochsalz imprägnirt und es wird ihm der größte Theil seines Wassers entzogen; ebenfalls ist dort hervorgehoben worden, daß dem Pökeln vom rationellen Standpunkte aus nicht das Wort geredet werden kann, weil durch Diffusionserscheinungen große Menge nährender Stoffe in die Salzlake hineinwandern und ungenützt verloren gehen. Es ist Liebig's Verdienst gewesen, auf diesen Umstand aufmerksam gemacht und ihn experimentell bewiesen zu haben.

Zur Veranschaulichung dieses Verhältnisses mögen folgende Zahlen dienen:

In 100 Th. Asche sind enthalten:	Schweinefleisch ungesalzen.	Schinken.	Ochsenfleisch ungesalzen.	gesalzen.
Kali	37,8	5,3	35,9	24,7
Magnesia	4,8	0,5	3,3	1,9
Kalk	7,5	0,4	1,7	0,7
Natrium	0,4	34,1	—	16,8
Chlor	0,6	53,7	4,9	26,0
Phosphorsäure	44,5	4,7	34,4	21,4

Aus den Zahlen geht deutlich hervor, wie bedeutend die Mengen von Salzen sind, welche dem Fleische beim Pökeln entzogen werden; diese können durch das Kochsalz des eingesalzenen Fleisches natürlich nicht ersetzt werden. Schon im Aeußern ist diese Veränderung wahrzunehmen. Die Fleischstücke werden in der Lake allmälig ganz hart und trocken.

Zum Pökeln braucht nicht ganz reines, trockenes Salz angewandt zu werden, ein feuchtes, unreines, an Chlormagnesium reiches eignet sich sogar viel besser dazu, weil es das Fleisch nicht in dem Maße auszieht, als chemisch reines Salz. Wir haben früher gesehen, daß zum Salzen, Conserviren der Butter nur reines Salz angewandt werden durfte. Das Chlormagnesium soll nämlich mit dem phosphorsauren Salze des Fleisches einen Niederschlag von phosphorsaurer Magnesia bilden, welcher, sich in den Poren der Oberfläche ablagernd, dem Auslaugungsprocesse durch die Salzlösung Widerstand entgegensetzt. Ein grobes, feuchtes Seesalz eignet sich ganz vortrefflich zum Pökeln. Die Fleischstücke werden gehörig abgewaschen, mit Salz tüchtig eingerieben, mit Gewürzen, Nelken, Pfeffer, Lorbeerblättern u. s. w. versehen, in ein Faß möglichst fest, um größeren Luftraum zu verhüten, eingethan, und nun das Ganze, um ihm noch größere Dichtigkeit zu geben, mit einem Deckel und einigen schweren Gegenständen, Steinen u. s. w. beschwert. Das Salz zerfließt so allmälig zu der Salzlake; man sorgt dafür, daß keine Fleischstücke von Lake bloßliegen, ergänzt deshalb das Verdunstete von Zeit zu Zeit durch Salzwasser.

Sehr häufig wendet man in Haushaltungen eine Mischung von 10 Th. Salz, $\frac{1}{2}$ Th. Salpeter und 1 Th. feinem Zucker an. Auch essigsaure Thonerde ist als geringer Zusatz empfohlen worden. Der Salpeter verleiht dem Fleische die schöne rothe Farbe.

Die berühmten Schinken Westphalens werden in offenen hölzernen Mulden eingepökelt. Man reibt sie mit sehr grobkörnigem Kochsalze ein, bis sie vollständig eingesalzen sind, d. h. die Salzlake sie ganz und gar bedeckt. (Schwarz.)

Diese Methode, zu pökeln, nimmt ziemlich viel Zeit in Anspruch. Runge giebt zum Schnellpökeln des Fleisches im Kleinen folgende Anleitung: Die Fleischstücke werden mit der oben erwähnten Mischung von Salz, Salpeter und Zucker tüchtig eingerieben, dann in vorher ausgebrühte, aber wieder getrocknete Leinwand eingenäht und in einen Napf gelegt, der mit einem möglichst gut schließenden Teller bedeckt ist. Durch die Umhüllung mit der Leinwand kann die durch Auflösung des Salzes in dem Fleischsafte gebildete Lake nicht ablaufen; in den ersten 10 Stunden findet man keine Spur von Lake unter dem Fleische. Die mit der Lake getränkte Leinwand tritt fortwährend Salz an das Fleisch ab und empfängt dafür von diesem Feuchtigkeit; erst nach Verlauf von beiläufig 16 Stunden findet man unten etwas

Lake angesammelt; man dreht dann das Fleisch von Zeit zu Zeit um, um alle Theile mit dieser in Berührung zu bringen. Nach 12 Stunden ist schon eine deutliche Wirkung wahrzunehmen. Ein so behandeltes Stück Fleisch hatte nach sechs Tagen nur 10 Loth an Gewicht abgenommen und zeigte sich vollkommen gepökelt. Nach den Angaben Runge's kann beim Pökeln von größeren Fleischmassen die Leinwandhülle wegbleiben, weil so viel Lake entsteht, daß die Stücke vollkommen bedeckt werden. Will man ein Uebriges thun, so legt man ein Stück Leinen als Decke oben auf. Die Hauptsache ist das richtige Einlegen der mit der Mischung eingeriebenen Fleischstücke, vor Allem dürfen keine zu großen Lufträume zwischen ihnen bleiben; man füllt diese durch kleinere Stücke oder durch gewaschene Kieselsteine aus.

Das Schnellpökeln des berühmten Hamburger Fleisches im Großen soll in eisernen Cylindern geschehen, welche, luftdicht verschließbar, durch eine Luftpumpe ausgepumpt werden. Durch eine zweite Pumpe wird die Pökellake eingetrieben. Diese wird, da die Poren des Fleisches nicht mit Luft angefüllt, gleichsam geöffnet sind, ohne Hinderniß in das Fleisch eindringen können. Nach den Angaben Runge's werden die Zwischenräume zwischen den einzelnen Fleischstücken mit Holzstücken ausgefüllt. Er schlägt dazu Steine vor, weil er glaubt, daß durch längere Berührung mit dem Holze, namentlich bei Luftzutritt, die Lake leicht giftige Eigenschaften annehmen könne.

Der Consum von Salzfleisch ist namentlich bedeutend in den Ländern der heißen Zone; bei uns werden, im Vergleich hierzu, nur verschwindend kleine Mengen als Delicatessen, zum Verproviantiren von Festungen u. s. w. verbraucht. Die Bewohner der Tropenländer Amerikas, der westindischen Inseln, Central-Amerikas, Brasiliens, sind in gewissen Schichten fast ausschließlich darauf hingewiesen. In Buenos-Ayres, Cincinnati, Galveston in Texas, wohin das Vieh aus den viehreichen Pampas u. s. w. in kolossalen Mengen gebracht wird, befinden sich die großartigsten Schlachthäuser, in welchen es außer auf Haut, Hufe, Hörner, Knochen, Fett auch auf Salzfleisch verarbeitet wird. (Schwarz.)

Die im Februar 1855 für England patentirte Methode von Jean Wolhly, Fleisch zu conserviren, besteht im Wesentlichen auch in einem Pökelprocesse. Das Fleisch bleibt, nachdem es von den Knochen befreit und mit einer Mischung aus 4 Th. Zucker und 1 Th. Salz eingerieben ist, in einem Fasse 48 Stunden liegen; um Blut und seröse Flüssigkeit möglichst zu entfernen, wird es in einer Presse einem starken Drucke ausgesetzt, dann abgewischt und in ein Faß gebracht, in welchem man es ganz und gar mit Fett umgiebt. Man gießt das Faß mit Fett, welches dem Erstarren nahe ist, inwendig aus, schichtet dann eine Lage von Fleisch hinein, wovon jedes einzelne Stück in mit Fett getränktem Papier eingewickelt ist, umgießt das Ganze wiederum mit Fett und fährt so fort, bis das Faß vollständig angefüllt ist, worauf man es verschließt.

Alle die erwähnten Methoden leiden an dem großen Uebelstande, daß sie den Nahrungswerth des Fleisches in bedeutendem Grade herabsetzen. Diesem Mißverhältnisse gegenüber muß man dem Verfahren des um die Conservirung der Milch so hoch verdienten de Lignac die vollste Anerkennung zu Theil werden lassen, mittelst dessen man in den Stand gesetzt ist, die oft erwähnten Uebelstände vollständig zu beseitigen.

Ausgehend von der Thatsache, daß nach den gewöhnlichen Methoden ein ungleicher Auslaugungsproceß stattfindet, daß die äußeren Schichten des Fleisches, weil sie der Einwirkung des Salzes hauptsächlich ausgesetzt sind, mehr ausgezogen werden, als die nach innen liegenden, namentlich mehr als die die Knochen umgebenden Partien, daß diese deshalb dem Verderben am leichtesten anheimfallen, hat er folgende sinnreiche Methode zur Correction dieser Verhältnisse ersonnen. Soll ein Schinken eingesalzen werden, so führt man zwischen den Knochen und die häutige Ausbreitung der Sehne mit Hülfe eines sogenannten Trokars eine Sonde ein, welche mit einem Hahne verbunden ist, welcher andererseits mittelst eines Rohres mit einem Reservoir in Verbindung gebracht ist, welches 8 bis 10 Meter höher steht, als das Fleisch. Das Reservoir ist mit gesättigter Salzlösung, welcher beliebige Gewürze beigemengt werden können, gefüllt. Oeffnet man nun den Hahn, so dringt vermöge des großen Druckes von dieser Flüssigkeit alsbald eine gewisse Quantität zwischen die Muskeln (es genügen übrigens auf 2 Pfd. Fleisch 11 bis 13 Loth dieser Lösung), und wird von dem den Knochen umgebenden Zellgewebe leicht aufgenommen. Von hier aus, wie aus einer Art Reservoir, durchdringt nun die Flüssigkeit schnell die einzelnen Fleischfasern ganz gleichmäßig und vollkommen, führt jeder einzelnen genügend Salz zu und hat vor allen Dingen das am leichtesten veränderliche Gewebe, in der Nähe des Knochens, zuerst und sicher vor dem Verderben geschützt. Den so präparirten Schinken legt man nun einige Tage in Lake; weil aber das Fleisch schon Salz enthält, der Fleischsaft mit der concentrirten Salzlake gemischt ist, so wird auch keine oder wenigstens keine wesentliche Strömung und Wechselwirkung zwischen der Lake und der im Fleische enthaltenen Flüssigkeit eintreten können. Die Lake soll auch nur dazu dienen, durch ihren Druck die im Fleische enthaltene Flüssigkeit am Ausfließen zu hindern und die äußersten Theile desselben noch hinlänglich mit Salz zu versehen. Die aus der Lake herausgenommenen Fleischstücke haben an Gewicht nichts verloren; sie werden nun bei mäßiger Temperatur einem Luftstrome ausgesetzt, um sie einigermaßen von dem Wasser der künstlich hineingepreßten Flüssigkeit wieder zu befreien. So verliert das Fleisch leicht 5 Proc. vom ursprünglichen Gewichte, dann kommt es in die Rauchkammer und bleibt hier, je nach der Größe, verschieden lange Zeit. Diese letzte Operation ist nicht durchaus zur Erhaltung erforderlich, aber es gewinnt das Fleisch dadurch einen allgemein geschätzten Geschmack, und für den Transport stellt sich noch der Vortheil einer bedeutenden Gewichtsverminderung heraus, indem es nach der Räucherung 12 bis 15 Proc. seines Gewichts verloren hat, so daß es nun 17 bis 22 Proc. weniger wiegt, als im frischen Zustande. Die Vortheile dieser Methode sind in die Augen fallend. Sie ist billiger, indem sie gestattet, genau nur die durchaus nöthige Salzmenge dem Fleische zuzuführen und diese über-

trifft nur wenig die Quantität, mit welcher man das ungesalzene Fleisch zu würzen pflegt, so daß man alles auf diese Weise gesalzene Fleisch niemals zu wässern braucht. Namentlich wichtig ist die Erfindung für Rindfleisch, welches, vermöge seiner Structur, viel mehr unter der herkömmlichen Weise des Pökelns leidet, als das viel dichtere Schweinefleisch, dessen Fasern noch dazu durch das reichlichere Fett besser geschützt sind.

Der Stockfisch, verschiedene Arten des Genus Godus, dessen Fang hauptsächlich auf den Bänken von New-Foundland und an den Loffodenklippen Norwegens betrieben wird, liefert außer dem Leberthran auch ein getrocknetes Fleisch, welches unter dem Namen Stock- oder Klippfisch in den Handel gebracht wird. Die Bereitung ist eine höchst ursprüngliche zu nennen; die ausgenommenen Fische werden in zwei Hälften getheilt und nach dem Einreiben des Salzes an der Luft oder auf Klippen getrocknet. Das Eindringen des Antisepticum befördert man durch Applicirung von Querschnitten. Auch das Fleisch anderer in der Wolga und am caspischen Meere vorkommenden Fische, von Accipenser Huso (Hausen), A. Sturio (Stör), wird in ansehnlichen Mengen getrocknet, gesalzen und gefroren versandt. Der Rogen dieser Fische liefert den geschätzten Caviar, man präparirt ihn durch Einsalzen. Die Schwimmblase von A. Huso giebt nach dem Trocknen die Hausenblase.

Bouillon. Unter Bouillon versteht man den in der Siedhitze bereiteten wäßrigen Auszug aus Fleisch, welchem man gewöhnlich mit Gewürzen, Salz, Pfeffer u. s. w. einen größeren Wohlgeschmack verleiht. Die Bouillon oder Fleischbrühe enthält den größten Theil der im Fleische enthaltenen Salze (circa $^4/_5$). Die Bereitung derselben kann an dieser Stelle nur in ihren allgemeinen Principien auseinandergesetzt werden. Zur Darstellung einer guten Bouillon muß man das Fleisch mit kaltem Wasser ansetzen und ganz allmälig zum Kochen erhitzen. Verfährt man umgekehrt, steckt man das Fleisch in kochendes Wasser, so erhält man niemals eine kräftige Brühe. Der Grund ist leicht einzusehen. Im letzteren Falle bildet sich an der Oberfläche durch die Berührung mit dem kochenden Wasser sogleich eine Schicht geronnenen Eiweißes, welches die einzelnen Poren des Fleisches verstopft, das Eindringen des Wassers, das Auslaugen desselben bedeutend erschwert. Verfährt man anders, setzt man mit kaltem Wasser an und steigert die Temperatur ganz allmälig bis zum Sieden, so hat das Wasser Zeit, das Fleisch vollständig auszuziehen, ehe eine Gerinnung des Eiweißes, eine Verstopfung der Poren stattgefunden hat. Dieses wissen unsere Hausfrauen sehr wohl; wollen sie eine kräftige Bouillon bereiten, setzen sie kalt an, wollen sie ein saftiges Stück Fleisch auf den Tisch bringen, so verfahren sie umgekehrt. Aus einem und demselben Fleischstücke beides zu erhalten, ist nicht möglich.

Die Bouillon, wegen ihres Gehalts an Eiweißstoffen, unterliegt sehr leicht dem Verderben; im Sommer wird sie oft schon nach wenigen Stunden sauer. Nach einem im Württemberger Wochenblatte für Land- und Forstwirthschaft 1855 veröffentlichten Artikel soll sich Fleischbrühe sehr lange halten, wenn man sie auf Glasflaschen füllt, deren leerer Hals mäßig fest mit einem Pfropfen von Baumwolle verstopft ist. Die Methode ist von dem Mannheimer Verein für Naturkunde geprüft und als vollkommen praktisch befunden worden. Die Bouillon hielt sich auf diese Weise ein halbes Jahr unverändert. Die Wirkung der Baumwolle haben wir schon früher besprochen.

Für den Transport eignet sich diese Methode natürlich nicht. Will man Bouillon verschicken, für Expeditionen u. s. w. verwerthen, so muß man sie eindampfen. Dieses geschieht in flachen Schalen auf dem Wasserbade. Hat die Masse eine gewisse Concentration erreicht, so gießt man sie in Tafeln aus, in welchen sie erstarrt und bei gelinder Temperatur vollkommen austrocknet. Diese echten Bouillontafeln, welche ein ausgezeichnetes Verproviantirungsmittel abgeben und einen hohen Nahrungswerth besitzen, sind nicht zu verwechseln mit den früher ungemein verbreiteten unechten, mit welchen namentlich von Frankreich aus die civilisirte Welt eine Zeit lang überschwemmt wurde. Diese bestehen hauptsächlich aus thierischem Leim, welcher mit Salz, Gemüsen, Gewürzen aromatisirt wird. Diese Tafeln, deren Ernährungswerth fast gleich Null ist, haben lange Zeit herumgespukt und sind, weil man sie fälschlich für nahrhaft hielt, in Hospitälern, Gefangenanstalten in ausgedehntestem Maße angewandt worden. Das Ausführliche über diesen Gegenstand wird im Artikel Leim enthalten sein.

Ein großer Schritt weiter in der Conservirung der Fleischbrühe ist durch die Erfindung des Fleischzwiebacks (meat-biscuit) von Gail Bordes in Galveston (Texas) gemacht worden. Das von den Knochen abgelöste Fleisch wird, um eine möglichst vollkommene Auslaugung durch Wasser zu erzielen, gehackt und bis alle löslichen Theile ausgezogen sind, gekocht. Nach Entfernung der rückständigen Fleischfasern und des Fettes wird die Brühe bis zum Syrup eingedampft. Dieser Syrup wird mit feinem Weizenmehl zu einem dicken Teige angerührt, in Formen gebracht und schließlich gebacken. Es resultirt so eine hellgelb gefärbte Masse, aus welcher man durch Hinzufügen von Salz und Pfeffer beim Kochen mit Wasser eine ausgezeichnete Suppe bereiten kann. Die Masse hält sich lange und ist ein ausgezeichnetes concentrirtes Nahrungsmittel, welches sich zum Verproviantiren von Armeen u. s. w. sehr wohl eignet. Auf der Londoner Industrie-Ausstellung befanden sich Proben davon. Lyon-Playfair urtheilt in seinem Berichte darüber folgendermaßen:

„Dieses Präparat ist von ausgezeichneter Beschaffenheit und es gab bislang kein analoges. Ich mußte mich überzeugen, ob der thierische Theil sich darin in vollkommen gesundem Zustande und frei von Fäulniß befindet, dieses hat sich herausgestellt. Ueber den Vortheil dieser Verbindung der thierischen Nahrung mit der mehligen Substanz bleibt kein Zweifel; das Stärkemehl wurde mittelst Säure in Zucker und dann in Alkohol umgesetzt, welchen letzteren man in beträchtlicher Menge erhielt, ein Beweis, daß die Beimengung der thierischen Substanz in der Weise geschah, daß sie die Güte des ihr zugesetzten Mehles nicht beeinträchtigte; das Stärkemehl erlitt keine Veränderung, was unter dem Einflusse

einer faulenden thierischen Substanz der Fall hätte sein müssen. Die Analyse des Zwiebacks ergab 4,9 stickstoffhaltige Substanz und 31,9 Fleischbestandtheile."

Der Erfinder erhielt in Folge dessen einen der fünf großen für die Classe der Nahrungsmittel ausgesetzten Preise *).

In Deutschland ist es Siemens in Hohenheim gelungen, nach eigenen Versuchen dieses Präparat sehr wohl nachzubilden. Siemens giebt folgende Anleitung:

Man kocht aus 12 Pfd. gutem Rindfleische $1\frac{1}{2}$ Maß Fleischbrühe auf gewöhnliche Weise, befreit sie von den rückständigen Fasern und von dem Fette, von letzterem nach dem Erkalten, dampft sie noch etwas ein und knetet sie mit sehr feinem Mehle noch warm zusammen. Aus diesem Teige, der ungefähr die Consistenz des Nudelteiges besitzt, formt man 1 Fuß große und 1 Linie dicke Kuchen, welche man in einem nicht sehr heißen Backofen so lange dörrt, bis sie leicht zu zerbrechen sind. Auf diese Weise erhält man einen 6 Pfd. schweren Zwieback, der im Aeußern dem ungesäuerten Brot der Juden (den Matzen) täuschend ähnlich ist. Das rückständige Fleisch kann man unter Zusatz von Knochen in einem Papinianischen Topf, bei einem Druck von 2 Atmosphären, nochmals extrahiren, um durch Eindampfen der Brühe und Vermischen mit Mehl einen zweiten Zwieback von 2 Pfd. zu erhalten. (S. ausführlich Rieke's Wochenblatt 1852, Nr. 11 oder im Auszuge in Dingler's polytechn. Journ. 123, 458.)

Auch in Frankreich wird von Calamand in Paris ein Zwieback fabricirt, über dessen Güte sich Boussingault Namens einer aus mehreren anderen renommirten Gelehrten bestehenden Commission in der anerkennendsten Weise ausgesprochen hat. 25,5 Kilogramm Rindfleisch werden mit 24 Liter Wasser, unter Zusatz von in Leinwand eingeschlossenem Thymian, Lorbeerblättern, 2 Muscatnüssen, Nelken, Pfeffer, Zimmt oder Ingwer und 10 Kilogramm Gemüse (Möhren, Steckrüben, Lauch) vier Stunden gekocht; hierauf nimmt man aus dem Fleische die Knochen, zertheilt es in kleine Stücke und kocht es abermals $1\frac{1}{2}$ Stunden. In dem Inhalte des Kastens, welcher die Consistenz eines sehr dünnen Breies hat, löst man zur Beförderung der Conservirung 250 Gramm Candiszucker auf. Zu dieser concentrirten Bouillon (ungefähr 11 Liter) bringt man 49,8 Kilogramm Weizenmehl; es entsteht ein fester Teig, aus welchem man 237 Stücke bildet, die $1\frac{1}{4}$ Stunden im Ofen gebacken werden. Sie wiegen nach dem Erkalten 54 Kilogramm. Aus 100 Kilogramm Mehl erhält man nach dieser Methode ungefähr 108,5 Kilogramm Zwieback.

Die Zusammensetzung in 100 Th. ergiebt sich aus folgenden Zahlen:

Trocknes Mehl	76,5
Trocknes Fleisch	5,8
Fett	6,3
Trockne Gemüse	2,8
Gewürze, Zucker	0,9
Wasser	7,7
	100,0

*) In London haben Herr William Bollairt, Nr. 2 Saint-Peters-Alley, Cornhill, und in Paris Herr Boivin, Rue Lamartine Nr. 27, Niederlagen von solchem Zwieback.

Oder:

Gewöhnlicher Zwieback	83
Trocknes Fleisch, Fette und trockne Zuthaten	17
	100

In neuester Zeit ist in Uruguay eine Fabrik begründet, in welcher ein reiner Fleischextract dargestellt und in trockner Form in den Handel gebracht wird. (Ann. Chem. Pharm. 133, 125.)

Conservirung thierischer Häute, s. den Artikel Gerberei.

Conservirung von Leichen und anatomischen Präparaten. Die Conservirung von Leichen ist unter Umständen von großer Wichtigkeit für den anatomischen Unterricht, nämlich dann, wenn durch Vorurtheile oder directe Gesetze die Leichname den Anatomien nur spärlich zufließen. Die Conservirung von Leichnamen geschieht meistens durch Injectionen, d. h. durch Einspritzen verschiedener fäulnißwidrig wirkender Stoffe in die Arterien. Hyrtl wendet zum Injiciren der Arterien 35grädigen Alkohol an, den er mit $\frac{1}{12}$ einer concentrirten Auflösung von essigsaurer Thonerde vermischt hat. Die von Labarraque vorgeschlagene Lösung von 2 Th. Chlorkalk auf 100 Th. Wasser, sowie die Lösung von Goadley, aus 4 Unzen Seesalz, 2 Unzen Alaun, 4 Gran Sublimat in 2 Quart kochendem Wasser gelöst, bestehend, empfiehlt er nicht.

Sehr zu empfehlen ist das Chlorzink, dem auch Hyrtl das Wort redet und welches hier auf der Greifswalder Anatomie als sehr erprobt angewandt wird. Die Lösung besteht aus einem halben Pfunde Chlorzink in 800 Cubikcentimetern Wasser; um die Wirkung derselben zu erhöhen, fügt man 5 C.-C. Kreosot hinzu. Für einen großen Leichnam wird die ganze Masse, für einen kleineren die Hälfte oder ein Drittel injicirt. Die Chlorzinklösung diffundirt sehr gut in alle Gewebe, und greift, wenn man sie vollkommen neutral angewendet hat, die Messer nicht an. Sie hat nur den einzigen Uebelstand, daß die natürliche Farbe der Gewebe, des Fleisches und der Eingeweide sehr abblaßt; eigentliche Fäulnißprocesse werden aber vollkommen inhibirt, die Leichen nehmen keinen üblen Geruch an, selbst wenn sie zwei bis drei Wochen im warmen Zimmer liegen. Setzt man, was von Einigen vorgeschlagen ist, statt des Kreosots 50 bis 100 C.-C. Holzessig hinzu, so tritt der Uebelstand ein, daß die Gewebe, statt abzublassen, schwarz und schmutzig werden, weshalb der Holzessig nicht empfohlen werden kann.

Der Wunsch, einen in weiter Ferne Verstorbenen noch einmal zu sehen, hat bei Gelegenheit des letzten Schleswig-Holsteinischen Erbfolgekrieges Burow veranlaßt, neuerdings wieder auf ein Mittel aufmerksam zu machen, welches er schon vor längerer Zeit veröffentlicht hat, und das im Laufe der Zeit von ihm wiederholt erprobt war. Er wendet zum Injiciren eine Lösung von 5 Th. Alaun, 8 Th. Bleizucker in 64 Th. Wasser an.

Die Flüssigkeiten werden in den Leichnam durch Einspritzung in die Adern hineingebracht, entweder in die Venen oder in die Arterien. Letzteres empfiehlt sich mehr, weil man alsdann mit einer einzigen Einspritzung auskommt. Als passende Ader wählt man entweder die

Schenkelschlagader in der Schenkelbeuge oder die Kopfschlagader am Halse. Spritzt man von den Venen ein, so muß man in der Regel an allen Extremitäten eine Injection machen. Man nimmt hier passend am Fußrücken die große Rosenader, an der Hand die dickste Vene des Handrückens. Was die Technik der Injectionen anbelangt, so wird, nachdem die Ader bloßgelegt ist, dieselbe quer durchschnitten, dann in dieselbe eine Canüle eingebunden und zwar in das Ende, welches mit dem Herzen in Verbindung steht, nach dem Herzen zuführt, so daß die Injection von der Peripherie zum Centrum hin stattfindet — und nun einfach der Inhalt der Spritze entleert *).

Die Conservirung einzelner Körpertheile geschieht durch Aufbewahren in Spiritus.

Um ausgestopfte Vögel, Vogelbälge, vor dem Verderben zu schützen, schmiert man die innere Seite ihrer Haut mit sogenannter Arsenikseife ein. Diese hält alle zerstörenden Einflüsse, Motten u. s. w. vollkommen ab und ersetzt alle anderen Mittel (z. B. Kupfervitriol in Verbindung mit Alaun, Eisenvitriol u. s. w.), welche man zu demselben Zwecke vorgeschlagen hat.

Man bereitet sich die Arsenikseife durch Auflösen von 20 Loth Seife in $^3/_4$ Pfd. Wasser und Hinzufügen von 20 Loth arseniger Säure, weißen Arseniks, $^1/_4$ Pfd. Potasche, 5 Loth Kampher, 2 Loth Kalk in gepulvertem Zustande und 2 Quentchen Lavendelöl. Die Seife wird auf die Haut in dicken Schichten mit einem Pinsel aufgestrichen.

Trockne Bälge von Vögeln oder Säugethieren conservirt man, nach Payras, durch Bestreichen der Fleischseite mit einer Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und Chlorzink zu gleichen Theilen von 15° B. Stärke.

Auch eine Auflösung von Tannin (Gerbsäure) in Wasser (auf 4 Pfd. von letzterem 1 Unze) hat man vorgeschlagen. Die Objecte kommen 6 Stunden in diese Lösung, welche eine Temperatur von 40 bis 50° C. haben muß; man trocknet sie nach dem Herausnehmen an der Decke eines gut gelüfteten Zimmers hängend. Die Gegenstände halten sich Monate lang. Nimmt man statt Wasser als Auflösungsmittel schwachen Alkohol, so wird die Wirkung des Tannins noch verstärkt.

Nach Robin halten sich anatomische Präparate, ganze Vögel mit Federn u. s. w. unverändert, ohne ihre Farbe zu verändern, in verschließbaren Gefäßen, auf deren Boden man etwas Steinkohlenöl geschüttet hat.

Ueber die Methode, welche die alten Aegypter anwandten, um ihre Leichen einzubalsamiren, weiß man noch nichts Genaues. Außer aromatischen, antiseptisch wirkenden Substanzen, unter welchen Gannal hauptsächlich schwefelsaure oder essigsaure Thonerde und Eisenvitriol vermuthet, scheint bei dem Einbalsamiren auch eine mechanische Entfernung des Wassers und der Feuchtigkeit durch tüchtiges Trocknen angewendet zu sein, was man aus der theilweisen Verkohlung der Mumien schließen darf; theerige Substanzen sind vielleicht benutzt worden.

Conservirung von vegetabilischen Substanzen. Zum Conserviren von dem Pflanzenreiche entnommenen Substanzen dienen im Allgemeinen dieselben Methoden, welche bei den animalischen angewendet werden. Wo jene von diesen nicht differiren, werden wir uns daher, unter Verweisung auf das Frühere, ganz kurz fassen können, und nur da wollen wir specieller eingehen, wo wirklich neue Methoden zur Anwendung kommen.

Der einfachste Weg, das Trocknen an der Luft, an der Sonne oder durch künstliche Wärme, genügt bei einigen vegetabilischen Lebensmitteln vollständig, um dieselben für lange Zeit zu conserviren.

Eine große Reihe von Früchten, Erbsen, Linsen, Bohnen, Buchweizen, Getreidearten werden einfach an der Luft getrocknet und halten sich dann in trocknen Localitäten liegend Jahre lang unverändert. Die meistens aus Holzfaser bestehende Hülle schützt den unter ihn liegenden hauptsächlich an Stärke reichen Kern vollständig. Die in diesem neben der Stärke vorkommenden Albuminate können wegen Mangels an Feuchtigkeit nicht in Zersetzung übergehen. Sind die Gegenstände wasserreiche, so darrt man sie bei gelinder Temperatur. Obst, Zwetschen, Birnen, Aepfel, Weintrauben werden entweder ohne alle Vorbereitung oder nachdem sie von der Schale befreit und in kleine Stücke zerschnitten, auf Fäden gereiht, in Darren getrocknet, in Backobst, Rosinen, Korinthen verwandelt. Durch die höhere Temperatur entstehen natürlich chemische Veränderungen. Das Eiweiß gerinnt, Zucker kann durch die Gegenwart der freien Säure in Caramel, Stärke theilweise in Gummi und Zucker übergehen. Werden die Substanzen bei zu hoher Temperatur getrocknet, so können noch tiefer gehende Zersetzungsprocesse entstehen.

Viele Früchte halten sich bei niedriger Temperatur, ohne alle Vorrichtungen, in unseren Keller eine Zeit lang unverändert; z. B. Aepfel, Birnen, wenn man nur jede Verletzung ihrer äußeren Schale sorgfältig verhütet. Deshalb gilt für den Transport von solchen Früchten die Regel, jede einzelne sorgfältig in weiches Papier oder ähnliche Gegenstände einzuwickeln, damit sie sich nicht an einander reiben können. Apfelsinen kommen zu uns in Papierschnitzelchen eingebettet. Weintrauben halten sich den ganzen Winter hindurch in frischem Zustande, wenn man die Stelle, an welcher sie abgebrochen sind, mit Siegellack verkittet und sie dann einzeln an Fädchen in einem Locale von mittlerer Temperatur hängen läßt. Der Apotheker conservirt seine zu Heilzwecken zur Verwendung kommenden Kräuter durch Trocknen auf einem Trockenboden oder in höherer Temperatur im Trockenschranke, wenn dieselben keine flüchtigen Stoffe enthalten.

Besonders nimmt unsere Aufmerksamkeit das Trocknen der Gemüse im Großen in Anspruch, welches man mit der Comprimirung derselben, d. h. mit der Ueberführung in einen dichteren Zustand in Verbindung gebracht hat. Die Combination des Austrocknens mit dem Comprimiren ist zuerst von Masson angewandt worden.

Sein Verfahren ist ungefähr folgendes: Die zu trocknenden Substanzen werden wie in der Küche geputzt und von harten Theilen befreit. So vorbereitet kommen sie auf eine Art von Hürden, Rahmen, die mit Leinwand oder dünnem Cannevas überspannt sind. Diese

*) Nach gefälligen Mittheilungen meines Freundes Dr. Landois, Assistenten am Greifswalder anatomisch-physiologischen Institute.

Hürden, in Lattenzähnen liegend, werden in einem Trockenraume bei dem wäßrigen Gemüse einer Temperatur von ungefähr 47 bis 48° C. ausgesetzt. Durch einen Röhrenofen, welcher zu gleicher Zeit zwei Trockenkammern zu speisen im Stande ist, strömt die warm zum Austrocknen zu verwendende Luft aus funfzehn Oeffnungen, welche beliebig durch Register geöffnet oder verschlossen werden können, in die Kammern hinein, beladet sich hier mit Wasserdampf und strömt durch elf Zugöffnungen, die an der entgegengesetzten Seite angebracht sind, und um den Zug zu vermehren, mit hohen Schornsteinen in Verbindung stehen, wieder aus.

Zwei zur Prüfung der Methode von einer Commission von Fachmännern ausgeführte Versuche lieferten folgende Resultate:

920 Kilogr. Kohl gaben in geputztem Zustande 725 Kilogr., diese auf 710 Hürden ausgebreitet, 28 Stunden getrocknet, hinterließen 68 Kilogr. trockne Substanz; 820 Kilogr. Spinat gaben 639 Kilogr. zu trocknende Substanz, auf 710 Hürden vertheilt, blieben nach dem Trocknen während 22 Stunden 71 Kilogr.

Nach dem Trocknen werden die Gemüse dem Drucke einer hydraulischen Presse unterworfen. Bei den eben erwähnten Versuchen mit Spinat und Kohl wurde eine Dichtigkeit von 550 bis 600 Kilogr. per Kubikmeter erzielt.

Die verschiedensten Commissionen sprechen sich im Allgemeinen in der günstigsten Weise über das Verfahren und die dadurch erzielten Resultate aus. Dasselbe ist für alle grünen Gemüse, Wurzeln, Wurzelknollen, ja sogar für manche Früchte anwendbar. Die comprimirten Sachen, um sie zu culinarischen Zwecken verwendbar zu machen, brauchen nur ungefähr 30 bis 45 Minuten lang in warmes Wasser hineingelegt zu werden, sie quellen dann wieder auf, erlangen ihre ursprüngliche Biegsamkeit und natürliche Farbe, so daß einige derselben, namentlich das Kerbelkraut und der sogenannte Brüsseler Kohl von frisch gepflückten Pflanzen gar nicht unterschieden werden können, und besitzen, nachdem man sie je nach ihrer Natur 1 bis 2 Stunden unter Zusatz von Gewürzen gekocht hat, einen ausgezeichneten, den frischen Gemüsen wenig nachstehenden Geschmack und Geruch. Die Comprimés, so nennt man in Frankreich die auf beschriebene Weise zubereiteten Gemüse, halten sich lange Zeit unverändert, enthalten den ganzen Nahrungswerth der ursprünglichen frischen Gegenstände und zwar, was die Hauptsache ist, in einem sehr verdichteten Zustande. Die Vortheile dieses Nahrungsmittels fallen in die Augen, für die Verproviantirung von Schiffen, Festungen, Armeen mußte dasselbe von der allergrößten Bedeutung werden. In Frankreich wurde die Marine in der That zuerst damit versehen. Ein Beispiel wird den Vortheil dieser Art von Proviantirung anschaulicher machen, als viele Worte.

Ein Täfelchen comprimirten Gemüses wiegt 500 Gramme und liefert 20 Portionen zu 25 Grammen, welche durch Kochen wieder ein Gewicht von 150 bis 180 Gramm annehmen. Zehn solche Täfelchen gehen in ein Kästchen aus Weißblech von 0,225 Meter Seitenlänge und 0,160 Meter Höhe, welches also ein Volum von 0,008 Cubikmeter hat und in diesem kleinen Raume 5 Kilogr. trocknes Gemüse enthält, die 200 Rationen geben; in einem Cubikmeter können so 25000 Mundportionen versendet werden. Die letzten Kriege, in der Krim, in Afrika haben, wie die Expeditionen der Marine die Vortrefflichkeit dieses Nahrungsmittels zur Evidenz bewiesen, doch auch in Privathäusern, namentlich in Frankreich, haben sich die Comprimés nach und nach Eingang zu verschaffen gewußt.

Es konnte nicht fehlen, daß der Gegenstand bald die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zog und daß andere Methoden zur Verbesserung des ursprünglichen Verfahrens angegeben wurden. Nach der Masson'schen Methode haftet den Speisen sehr häufig der, jedem aus der frischen Pflanze durch einfaches Trocknen erhaltenen Präparate eigenthümliche Heugeruch an; weil das Albumin nicht coagulirt wurde, bekommen sie bei längerem Liegen leicht einen scharfen Geschmack, der von einer langsamen Zersetzung des Eiweißes herrührt. Morel-Fatio, Dolfaß und Verdeil suchen diese Uebelstände dadurch zu beseitigen, daß sie die auf gewöhnliche Weise gereinigten Substanzen mit überhitztem Wasserdampf behandeln und dann erst trocknen.

Die Gegenstände werden in demselben Apparate, welcher bei Gelegenheit des Fleischconservirens (S. 1409) beschrieben worden ist, der Wirkung des Wasserdampfes bei einem Drucke von 4 bis 5 Atmosphären ausgesetzt; sind sie hinlänglich gekocht, so nimmt man sie aus dem Apparate heraus und läßt sie in erwärmten Kammern schließlich trocknen. Der überhitzte Wasserdampf coagulirt das Eiweiß, das nachfolgende Trocknen entzieht ihnen das Wasser. Beide Momente, welche zum Eintritte der Fäulniß nöthig sind, werden so entfernt. Das Trocknen geschieht in einer Kammer, in welche durch ein Gebläse Luft von 32 bis 40° C. eingetrieben wird. Je nach der Natur der Substanzen bleiben sie hier kürzere oder längere Zeit. Körner, Erbsen verpackt man in Büchsen von Pappe oder Holz, Blätter in papierene Beutel u. s. w.

Auch in Deutschland sind Versuche nach ähnlichen Richtungen hin gemacht worden, und existiren bereits großartige Etablissements zur Herstellung comprimirter Gemüse, unter welchen namentlich die Offenbacher Fabrik einen hervorragenden Platz einnimmt und Fabrikate von ausgezeichneter Güte liefert *).

Die Appert'sche Methode kommt bei der Conservirung des Gemüses gerade so zur Anwendung, wie bei dem Fleische. Erbsen, Bohnen, Spargel u. s. w. werden auf diese Weise in Haushaltungen im kleineren Maßstabe wohl am häufigsten eingemacht. Wir übergehen die Specialitäten, sie sind früher ausführlich auseinandergesetzt worden.

Auf einer Imprägnation mit Antisepticis beruht das Einsalzen und Einmachen von Vegetabilien.

*) In der von F. G. Wiek redigirten Deutschen Gewerbezeitung für 1859, S. 289—291, sind außer einer Anleitung zur Bereitung vegetabilischer Conserven die Preiscourante der Fabriken von Carstens in Lübeck, in Offenbach, Frankfurt a. M. und Paris enthalten.

Der Bericht von W. Stein über die Münchener Ausstellung, München 1855, Gruppe IV., S. 10 enthält einen ausführlichen Nachweis der in Deutschland existirenden Etablissements.

Bei dem Einsalzen der Vegetabilien ist die Wirkung des Salzes nicht dieselbe, wie bei den animalischen Substanzen. Sehr häufig tritt bei längerer Berührung des Salzes mit den ersteren eine Gährung ein, als deren Hauptproduct die Milchsäure hervorzuheben ist, die Substanzen werden sauer. Dieses ist z. B. der Fall beim Einmachen des Kohles und der Gurken mit Salz. Die Milchsäure entsteht durch die Einwirkung von Fermentstoffen auf die in diesen Nahrungsmitteln enthaltenen Kohlehydrate, die entstandene Milchsäure im Verein mit der Salzlake wirken als Antiseptica, verhüten, daß die Gegenstände in stinkende Fäulniß übergehen. Neben der Milchsäure bilden sich vielleicht noch andere flüchtige Säuren (Buttersäure).

Die Darstellung von sogenanntem Sauerkraut aus dem weißen Kohle ist eine höchst einfache Operation; der Kohl wird auf einer hobelnden Vorrichtung zerschnitten, mit Salz gemischt in Fässer eingestampft. Hier bleibt er, indem man ihn meistens durch Beschweren mit Steinen comprimirt, an einem kühlen Orte im Keller sich selbst überlassen. Das Salz zerfließt zu der Salzlake, es bildet sich allmälig Milchsäure, welche den Kohl sauer macht. Außer dem Salze fügt man noch andere Antiseptica, Gewürze hinzu. Auf gleiche Weise erhält man die Salzgurken.

Ferner erleiden Essig und Zucker eine ausgedehnte Anwendung zum Conserviren; das Conserviren mit diesen beiden Substanzen nennt man das Einmachen im engeren Sinne des Wortes.

Oft genügt schon ein bloßes Bestreuen mit Zucker, häufiger kocht man die Früchte ꝛc., nachdem sie zweckmäßig vorbereitet sind, in Zuckersaft ein. Man füllt die Conserven in Gläser, welche man mit Wachspapier oder Pergamentpapier verschließt, legt auch wohl auf die Oberfläche ein mit Rum getränktes Papier oder gießt eine Schicht geschmolzenen Fettes darauf, welches erstarrt und die Luft abhält.

Bei dem Einmachen mit Zucker muß man berücksichtigen, daß dieser nur dann conservirend wirken kann, wenn er die ganze Wassermenge für sich in Anspruch nimmt; er muß in dem Safte der eingemachten Gegenstände mindestens zu einer syrupdicken Lösung zerfließen. Man darf ihn nicht sparen, ein Uebermaß schadet nichts; dünne Zuckerlösungen sind in hohem Grade der Zersetzung unterworfen. Auch darf man die eingemachten Sachen nicht warm in die Gefäße hineinthun, in welchen sie aufbewahrt werden sollen. Durch Verflüchtigung von Wasserdämpfen, Verdichtung derselben an dem kälteren nicht angefüllten Theile des Gefäßes und Herablaufen auf die Oberfläche der Masse entsteht hier eine zu verdünnte Zuckerlösung, von welcher aus leicht die Zersetzung der ganzen Masse eingeleitet werden kann.

Manche Fruchtsäfte haben die Eigenthümlichkeit, gleichgültig ob man sie mit Zucker kocht oder nicht, nach dem Erkalten zu einer Gallerte zu gestehen, die man im gewöhnlichen Leben Gelée nennt. Solche Säfte liefern z. B.: Johannisbeeren, Stachelbeeren, Kronsbeeren, Himbeeren, auch Rüben, Obstarten u. s. w. Das Gelatiniren rührt von dem Gehalte jener Früchte an Pectin her, einer Substanz, die, obschon eine häufige Begleiterin der Cellulose, vom chemischen Standpunkte aus noch nicht vollständig erforscht ist.

Um eine Ersparniß beim Einmachen der Früchte mit Zucker zu erzielen in den Jahren, wo wegen des größeren Säuregehalts eine größere Menge von Zucker rein zur Deckung des sauren Geschmacks angewandt werden muß, als zum Conserviren nothwendig ist, hat A. Vogel vorgeschlagen, die Säure durch kaustische Ammoniakflüssigkeit abzustumpfen. Man setzt zu den einzukochenden Früchten so lange Ammoniak hinzu, bis die Säure neutralisirt ist, und kann diesen Punkt leicht an der eintretenden Farbenveränderung erkennen. Hat man zu viel hinzugesetzt, so kann man den Ueberschuß leicht durch Zusatz von etwas Essig oder eines vorher bei Seite gesetzten Theiles der rohen Früchte beseitigen. Vogel hebt hervor, daß durch dieses Verfahren, welches auch bei solchen Früchten angewandt werden kann, die unmittelbar nach dem Kochen genossen werden sollen, nicht allein eine bedeutende Ersparniß an Zucker gewonnen, sondern auch der Wohlgeschmack der Früchte erhöht würde.

Essig wirkt gleichfalls conservirend; als Regel gilt, daß man die stärksten Sorten des Handels anwendet; sollte er beim Kochen mit wasserreichen Gegenständen, dahin gehören z. B. Gurken, deren Wassergehalt oft 80 bis 90 Proc. betragen kann, zu verdünnt werden, so würde er von seiner conservirenden Kraft zu viel eingebüßt haben, man muß ihn dann abgießen und durch frischen ersetzen. Der Spiritus spielt bei der Aufbewahrung von Vegetabilien keine bedeutende Rolle.

Die **Conservirung des Hopfens** beruht auf einer Imprägnation mit schwefliger Säure, weshalb man die Methode auch geradezu das Schwefeln nennt. Wohl kein einziges Product des Ackerbaues fällt in verschiedenen Jahren, je nachdem die Witterungsverhältnisse günstiger oder weniger günstig sich gestaltet haben, so verschieden, theils hinsichtlich seiner Qualität, theils hinsichtlich der Quantität, aus, als der Hopfen. Schon die Preise desselben, die zwischen 20 bis 230 Gulden für den Ctnr. schwanken können, geben dafür einen Anhaltspunkt. Es ist deshalb von der größten Wichtigkeit, den Ueberschuß eines Jahres auch für folgende minder ergiebige verwerthen zu können. Die Erfahrung hat gezeigt, daß der Hopfen beim Liegen an der Luft schon in kurzer Zeit bedeutend von seiner Güte verliert. Der Hopfen enthält außer bitteren Bestandtheilen Gerbsäure und Harz, immer ätherisches Oel, denjenigen Stoff, welchem er sein eigenthümliches angenehmes Aroma hauptsächlich zu verdanken hat. Es besteht dieses Oel aus einem mit dem Terpentinöl, Rosmarinöl ꝛc. isomeren Kohlenwasserstoff und einem sauerstoffhaltigen Oele, welches mit dem Valeröl identisch zu sein scheint. Der Kohlenwasserstoff erleidet keine wesentlichen Veränderungen, diese beschränken sich darauf, daß ein Theil sich verflüchtigt, ein anderer verharzt; aber der sauerstoffhaltige Bestandtheil geht durch Aufnahme von Sauerstoff nach und nach in Valeriansäure oder andere höher liegende homologe Säuren über. Der Bildung dieser Säuren ist der eigenthümliche Käsegeruch zuzuschreiben, welchen der Hopfen beim Liegen annimmt. Außerdem treten die

allen organischen Substanzen gemeinsamen Verwesungsveränderungen ein, deren Anfang sich hauptsächlich in einer dunkleren Färbung des Hopfens zeigt. Man ist nun im Stande, durch Einwirkung von schwefliger Säure diese zum Verschwinden zu bringen oder wenigstens bedeutend heller zu machen, aber den eigenthümlichen, durch die Gegenwart von flüchtigen fetten Säuren bedingten Geruch beseitigt man dadurch nicht. Will man einem solchen vorbeugen, so muß man das Uebel an der Wurzel ergreifen und ihn mit schwefliger Säure behandeln, ehe die Säuren Zeit gehabt haben, sich zu bilden. Außer dem Schwefeln trocknet man den Hopfen, um ihm die Feuchtigkeit zu entziehen, durch Anwendung von künstlicher Wärme und engt ihn durch Pressen auf ein möglichst kleines Volum ein. Die dazu dienenden Apparate sind bereits im Artikel Bier (S. 732 ff.) ausführlich beschrieben worden. Den getrockneten Hopfen setzt man den Dämpfen von schwefliger Säure aus, die man einfach aus brennendem Schwefel entwickelt. Auf 1 Ctnr. Hopfen verbraucht man 1 bis 2 Pfd. Schwefel.

Bekanntlich bestand in Baiern lange Zeit das Verbot des Schwefelns des Hopfens; erst Liebig hat die Vorurtheile, welchen man selbst bei den Brauern begegnete, durch ein ausführliches Gutachten zerstreut, indem er darin nachwies, daß durch das Schwefeln der Hopfen nur gewinnen, niemals verlieren könne und daß die Menge von schwefliger Säure, selbst wenn sie vollständig in das Bier überginge, als durchaus unschädlich anzusehen sei. Mit diesen Ansichten stimmen die Resultate, welche später auf Veranlassung des Generalcomité des landwirthschaftlichen Vereins in Baiern von Jägerhuber angestellt wurden, vollständig überein. „Hopfen," so finden sich ungefähr in Wagner's Jahresbericht für 1859 seine Resultate zusammengestellt, „welcher geschwefelt, gedarrt, in einer hydraulischen Presse gepreßt und luftdicht in einem Blechbehälter verschlossen, zwei Jahre lang aufbewahrt wurde, kann gefahrlos und bei entsprechenden Lagerkellern zum Brauen von Bier ebenso gut verwandt werden, als neuer Hopfen; ferner ist dieser Hopfen, wenn er in Leinwand aufbewahrt wird, bei guten Lagerkellern zu Lagerbier anwendbar, nicht bei minder guten; doch hat Hopfen, wenn er nur gedarrt, hydraulisch gepreßt und luftdicht aufbewahrt wird, ohne geschwefelt zu werden, schon nach zwei Jahren so viel verloren, daß er nicht ohne Gefahr zum Brauen verwandt werden kann." Ein anderes conservirendes Mittel als schweflige Säure kennen wir bis jetzt nicht, wenn wir von dem Riet'schen Verfahren, den Hopfen in Malzstärkesyrup einzumachen, abstrahiren wollen. Die schweflige Säure ist übrigens schon lange von Braconnot zum Conserviren von grünen Gemüsen (Sauerampher, Lattich, Endivien, Spargel) empfohlen worden.

Aufbewahrung des Getreides. Das Getreide, der Samen verschiedener, zur Familie der Gramineen gehörenden Pflanzen, liefert den größten Theil unserer vegetabilischen Nahrung, es bildet den Ausgangspunkt zur Fabrikation des Mehles, der Stärke, des Alkohols u. s. w. Die Conservirung desselben muß deshalb eine der wichtigsten Aufgaben der Theorie und Praxis sein. Es würde uns zu weit führen, wollten wir alle die zahlreichen Methoden, welche im Laufe der Zeit angegeben sind, um das Getreide vor zerstörenden Einflüssen zu schützen, besprechen, es hat das mehr für den Landwirth als für den Techniker Interesse, wir müssen uns vielmehr darauf beschränken, das Wichtigste über diesen Gegenstand principiell anzudeuten.

An und für sich hat die Natur dafür gesorgt, daß das Getreide den zerstörenden Einflüssen gegenüber resistenter ist, als andere Nahrungsmittel, indem sie den inneren mehligen Kern durch eine ungemein schwer anzugreifende Hülle, die hauptsächlich aus Cellulose besteht, geschützt hat.

Im trocknen Zustande aufbewahrt, hält sich das Getreide unbegrenzt lange, feucht hingegen unterliegt es leicht dem Verderben, es entstehen Schimmelbildungen, es nimmt einen unangenehmen Geschmack und Geruch an, welches man im gewöhnlichen Leben das Dumpfig- oder Mulstrigwerden nennt. Diejenigen Getreidearten, welche den größten Wassergehalt besitzen und vermöge ihrer Structur die größte Menge von Wasser mechanisch zu binden im Stande sind, unterliegen natürlich diesem Uebel am leichtesten. In heißen Ländern wird deshalb das aufzubewahrende Getreide, außer einer mechanischen Reinigung durch Waschen mit Wasser, keiner anderen conservirenden Operation unterworfen. Die Getreidekörner, welche man in den ägyptischen Pyramiden oder bei Mumien gefunden hat und an welchen Jahrtausende ohne wahrnehmbaren Eindruck vorübergegangen sind, liefern den Beweis, wie dauerhaft das Getreide in einer trocknen Atmosphäre ist. Außer den rein chemischen Einflüssen hat man bei der Aufbewahrung des Getreides auch auf andere Momente Rücksicht zu nehmen, welche bei der Zerstörung desselben mitwirken, und dieses sind die Insecten. Besonders sind es drei Arten, die als Feinde des Getreides auftreten:

1) Der schwarze Kornwurm, Calandra granella.

2) Der weiße Kornwurm oder die Kornmotte, Tinea granella.

3) Die Weizenschaabe oder falsche Kornmotte, Occophora granella.

Der schwarze Kornwurm ist ein kleiner schwarzer Käfer, welcher entweder als solcher oder auch schon im Larvenzustande in dem Getreide lebt und deshalb in doppelter Weise diesem gefährlich ist. Die große und schnelle Vermehrungskraft dieses Insectes, die Schwierigkeit, dasselbe zu tödten, sind die Ursachen der oft entsetzlichen Verwüstungen, welche durch dasselbe angerichtet werden. Die Kornmotte und die Weizenschaabe sind dem Getreide nur als Larven schädlich, beide gehören zu der Familie der Lepidopteren.

Die Existenz dieser Insecten ist an eine gewisse, nicht zu niedrige mittlere Jahrestemperatur gebunden, deshalb unterliegen die südlichen Länder viel mehr dieser Plage; namentlich ist Frankreich zu wiederholten Malen durch den Kornwurm verheert worden, so daß die Akademie der Wissenschaften sich bewogen fand, Preise für die besten Verfahren zur Zerstörung des Kornwurmes auszuschreiben.

Die verschiedenen Verfahren zum Conserviren des Getreides lassen sich, nach Wagner, in zehn verschiedene Rubriken eintheilen:

1) Chemische Processe. 2) Darren mittelst heißer Luft in Oefen. 3) Austrocknen in Trockenkammern. 4) Darren mittelst Wasserdampf. 5) Aufbewahrung in Silos oder überhaupt in luftdicht verschlossenen Gefäßen oder Räumen. 6) Umschaufeln. 7) Lüftungsapparate. 8) Waschen und Trocknen. 9) Ununterbrochene Bewegung. 10) Stoß.

Zu den chemischen Mitteln gehört das sogenannte **Beizen** des Getreides. Die allgemeinste Anwendung zum Beizen erleidet der Kalk, weshalb man das Verfahren auch **Kalken** oder **Kälken** genannt hat. Außerdem werden angewandt Holzasche, Jauche, Kochsalz, Alaun, Glaubersalz, Kupfervitriol, Grünspan, arsenige Säure und Schwefelarsenik, sowohl Realgar als auch Auripigment; sind die genannten Substanzen sehr wenig löslich, so streut man sie als Pulver auf das befeuchtete Getreide, sind sie in Wasser löslich, so wendet man sie in Lösung an und läßt diese von dem Getreide auffaugen. Die meisten Substanzen wirken durch ihre Giftigkeit als Antiseptica, der Kalk durch Entfernung der Feuchtigkeit, indem er zu Kalkhydrat sich löscht, und durch Wegnahme der Kohlensäure. Am wenigsten kann man der Anwendung des Arsenikes wegen seiner Giftigkeit das Wort reden, obschon es, nach **Boussingault**, das beste Mittel ist, um die Ernte gegen das Auftreten von Kryptogamen, den sogenannten Brand, und gegen die verheerenden Einflüsse von Thieren — Insecten, Mäusen — zu schützen. **Boussingault** empfiehlt das Arsenik in Form von arsenigsaurem Natron anzuwenden. Der von **Bresvôt** empfohlene Kupfervitriol genügt nach seinen Erfahrungen durchaus nicht. Nach **Boussingault's** Beobachtungen soll übrigens der Schaden, welcher durch das Verzehren von Körnern durch die Mäuse erwächst, reichlich durch das todte, als Dünger wirkende Thier aufgehoben werden. Auch das Imprägniren des Kornes mit Abkochungen von bitteren Stoffen, von Coloquinten, weißer Nieswurz, Wermuth, Nux vomica etc. genügt nicht, um auf die Dauer den Brand fern zu halten. **Doyère** hat den Schwefelkohlenstoff oder das Chloroform zum Tödten der im Getreide befindlichen Insecten vorgeschlagen. 2 Grm. einer von diesen Flüssigkeiten sind nach ihm hinreichend, in luftdicht verschlossenen Silos (s. unten) auf 100 Kilogramm Getreide angewendet, alle darin enthaltenen Insecten mit ihren Eiern und Larven in 4 bis 5 Tagen zu tödten. Die Mengen von Chloroform ꝛc., welche das Getreide zurückhält, sind so gering, daß die daraus dargestellten Producte nichts davon erkennen lassen. Kohlensäure, Kohlenoxyd, schweflige Säure wirken ebenfalls conservirend.

Lenger hat wahrgenommen, daß in einigen Gegenden Luxemburgs, wo die Sitte herrscht, an Mariähimmelfahrt gewisse gewürzhafte Kräuter weihen zu lassen und dann auf den Estrich zu hängen, der Kornwurm nicht vorkommt, und behauptet, aus einem von Kornwürmern reichlich belebten Kornhaufen durch Anwendung von Wermuth, Salbei, Beifuß, Kamille, Raute u. s. w. die Thiere nach wenigen Stunden vollständig vertrieben zu haben. Die hier und da gebräuchliche Anwendung von Hanf, Taback, Kampher gehört ebenfalls hierher.

Eine ausgedehnte Anwendung erleiden ferner die **Silos**; sie sind seit langer Zeit namentlich in südlichen Ländern im Gebrauche, schon die Römer und vielleicht auch die Mauren in Spanien wandten sie mit dem günstigsten Erfolge an. Das Princip dieser Silos ist in wenigen Worten auseinandergesetzt: sie bestehen aus tiefen Gruben, welche in einem durchaus trocknen, für Feuchtigkeit undurchdringlichen Boden angelegt sind, in diese wird das Getreide eingeschüttet und dann durch eine dicke Erdschicht das Ganze abgeschlossen. Bei der Anlage solcher Silos in Deutschland ist namentlich die Mansfelder Kupfergewerkschaft mit einem guten Beispiele vorangegangen. Sie construirte im Jahre 1825 den ersten Silo und im Laufe der Zeit hat sie die Anzahl derselben auf 13 Stück erweitert.

Die cylindrischen Gruben sind dort in ein unmittelbar unter der Ackerkrume gelegenes mächtiges Lehmlager eingearbeitet. Am Boden und an den Seitenwänden sind sie mit geformten Schlacken, Kalkmörtel und Gips sorgfältig unter Verdeckung sämmtlicher Fugen ausgemauert; auf $\frac{1}{3}$ der Höhe befindet sich aus demselben Materiale ein Kuppelgewölbe, das in einem engen, sich nach oben etwas erweiternden Schlote ausläuft.

Der Durchschnitt durch einen solchen Silo hat genau die Gestalt eines Flaschendurchschnittes. Den Zwischenraum zwischen dem Kuppelgewölbe und der Lehmwand füllt man mit festgestampftem wasserdichtem Thon aus. Nach dem Trocknen des Getreides und dem Reinigen schüttet man es in die Gruben, welche man zuvor durch Abbrennen von Reisig gut ausgetrocknet hat. Man verschließt die Silos durch eine Lage Papier, über welche man einen Fuß Kohlenstaub schüttet, und endlich durch einen flachen Stein. Der Roggen hält sich nach den Erfahrungen der Mansfelder Gesellschaft ausgezeichnet. Die Ersparniß, welche sie bei ihrem größten, ca. 28000 Scheffel fassenden Silo machte, betrug z. B. 1854 45000 Thlr. bei einem angelegten Capitale von 30000 Thlr. und 6000 Thlr. Zinseszinsen. (**Schwarz**.)

In Spanien existiren noch jetzt von den Mauren herrührende Silos, welche in den Felsen hineingehauen sind und bis zu 3000 oder 3500 Hectoliter Getreide haben fassen können.

Da das Mauerwerk der Silos vermöge seiner nie zu beseitigenden Porosität keinen vollständigen Verschluß gewährt, so hat **Doyère** vorgeschlagen, statt gemauerter Silos flaschenförmig geformte Gefäße aus Zinkblech oder Eisenblech anzuwenden, und **diese** in die Erde einzulassen; den Verschluß erreicht man durch eine auf die Mündung aufgelegte abgedrehte Platte, die durch eine Bügelschraube und einen dazwischen gelegten Kautschukring hermetisch verschlossen werden kann. (Wir verweisen bezüglich der Construction auf **Schwarz** Chemie und Industrie II., S. 114.) Die Büchsen werden durch Ueberziehen mit Firniß oder bei eisernen durch Galvanisiren, d. h. durch Verzinken haltbar gemacht. Ehe das Getreide hineinkommt, trocknet man es bei 40° C., imprägnirt es mit schwefliger Säure oder schüttet auch wohl etwas Chloroform oder Schwefelkohlenstoff mit in die Büchsen hinein. (S. oben.)

Das Trocknen des Getreides geschieht entweder an der Luft oder durch Anwendung von künstlicher Wärme.

Einen neuen Ofen dazu hat W. Norton construirt und für England 1860 patentirt erhalten. Die Beschreibung und Abbildung desselben befindet sich im Auszuge in Wagner's Jahresbericht für 1860, S. 327 ff. Neue Mittheilungen über die mechanische Reinigung von Getreidekörnern sind von R. Jacobi gemacht worden. (Dingler's Journal 161, S. 410, im Auszuge in Wagner's Jahresbericht für 1861, S. 344 ff.) Auf der Pariser Ausstellung im Jahre 1855 wurde die unter dem Namen Trieur-Vachon bekannte Maschine von Vachon und Comp. zu Lyon allgemein als die beste zum Reinigen des Getreides anerkannt. Eine genaue Abbildung und Beschreibung der Maschine giebt unter Anderem das Hamm'sche Werk, die landwirthschaftlichen Geräthe und Maschinen S. 16. Die von Penny und Voth construirte Maschine vereinigt das Princip des Waschens, des Durchwerfens und des Trocknens. Die Vorrichtung ist in Wagner's Jahresbericht für 1857 vollständig abgebildet und beschrieben.

Zur Zerstörung des Kornwurmes wurde zuerst von Hapin der mechanische Stoß angewandt. Seine Vorrichtung besteht in einem den Putzmühlen ähnlichen mechanischen Stößer oder Rührer, der mit hölzernen oder eisernen Flügeln versehen ist, die sich mit einer Geschwindigkeit von 600 Umdrehungen in der Minute bewegen. Dadurch erleidet das Getreide solche Stöße, daß die Eier der Insecten zerbrochen und diese selbst im Innern der Körner getödtet werden. Dasselbe Princip liegt auch dem von Doyère construirten Kornmottentödter — Tue-teigne — zu Grunde, welcher die Getreidekörner von den Insecten reinigt. (S. Dingler's Journal 136, S. 337.) Die Maschine hat sich vortrefflich bewährt und verdient entschieden den Vorzug vor der Hapin'schen.

Endlich wollen wir noch mit wenigen Worten der Vorrichtungen gedenken, welche eine ununterbrochene Bewegung des Getreides herbeizuführen gestatten. Der erste dahin gehörende Apparat ist von Huart (Dingler's Journal 135, S. 337) construirt worden, er besteht in einem beweglichen Speicher. Die Methode ist von G. v. Conink (Dingler's Journal 140, S. 267) so vereinfacht worden, daß sie sowohl für die größten, als auch für die kleinsten Mengen angewendet werden kann. „Sieben Kammern, mit Wänden von feinem Drahtnetz und durch gröbere Netze getrennt, sind nach dem Systeme der bekannten Getreidethüren über einander gereiht und werden mit Weizen gefüllt. Durch Oeffnung eines Schiebers in der untersten Kammer setzt sich die ganze Getreidemasse in Bewegung, wird dadurch mit geringer Kraft umgeschaufelt, mit der Luft in Berührung gebracht. Durch ein Löffelwerk wird darauf das ausgelaufene Getreide wieder in die oberste Kammer gehoben."

Die Maschine leistet dasselbe, was man durch Aufbewahrung des Getreides auf luftigen Speichern und durch wiederholtes tüchtiges Umschaufeln daselbst erreichen kann, mit Aufwand von weniger Raum und Zeit.

Schließlich sollen hier noch die Methoden, auf welchen die Conservirung des Holzes zu technischen Zwecken beruht, obgleich streng genommen, nicht hierher gehörig, ganz kurz angedeutet werden.

In trocknem Zustande ist das Holz sehr haltbar, auch wenn es von Wasser vollständig bedeckt ist, hält es sich ziemlich lange unverändert. Anders verhält es sich jedoch, wenn abwechselnd Luft und Feuchtigkeit einwirken können, oder wenn es in dem Erdboden mit faulenden Substanzen in unmittelbare Berührung kommt. Es unterliegt dann einem langsamen Fäulnißprocesse, wird lockerer in seinem Gefüge und verliert schließlich, indem es fault, seine früheren Eigenschaften vollständig. Je saftreicher es ist, je leichter wird es dem Verderben anheimfallen, je mehr fäulnißfähige Stoffe sind ja in ihm vorhanden. Auf einer Entfernung des Saftes beruht die Präparation durch längeres Liegenlassen in Wasser, das Wasser laugt das Holz gleichsam aus. Bouchiree combinirt mit der Entfernung des Saftes die Imprägnation mit antiseptischen Substanzen. Hierzu dienen ihm holzessigsaures Eisen, Eisenvitriol, Kupfervitriol, Sublimat, Zinkchlorid, Chlormagnesium. Die Anwendung von Sublimat ist zuerst von dem Engländer Kyan vorgeschlagen worden und wird nach ihm deshalb kurz das Kyanisiren genannt. Dieses hat sich auch als günstiges Mittel gegen den so oft an feuchten Stellen auftauchenden Schwamm erwiesen.

Eisenbahnschwellen werden fast ausschließlich mit Chlorzink oder Kupfervitriol imprägnirt. Damit die conservirenden Flüssigkeiten alle Poren gleichmäßig durchdringen, entfernt man aus dem Holze durch überhitzten Wasserdampf zuerst den Saft und dann durch eine gut wirkende Luftpumpe die rückständige Luft.

Endlich benutzt man den Theer und verschiedene Oele zur Conservirung des Holzes.

R. Otto.

Cyan.

Cyan. Das Cyan, eine Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff C_2N, wurde im Jahre 1814 von Gay-Lussac entdeckt. Es ist im isolirten Zustande ein farbloses Gas und steht in allen seinen Eigenschaften den Elementen Chlor, Jod, Brom sehr nahe. Es verbindet sich mit Wasserstoff zu Cyanwasserstoff, einer Säure, welche der Salzsäure entspricht, mit Metallen zu Cyanmetallen, die die größte Aehnlichkeit mit den Chlormetallen haben. Man bezeichnet daher das Cyan als einen Salzbilder oder ein organisches Radical und kürzt sein Symbol C_2N zu Cy ab, worin Cy die Verbindung von 2 At. Kohlenstoff mit 1 At. Stickstoff repräsentirt.

In freiem Zustande kommt das Cyan in der Natur nie vor. In Verbindung mit Schwefel findet es sich in manchem Speichel, mit Schwefel und dem organischen Radical Allyl verbunden, bildet es das ätherische Senföl. Mit Wasserstoff zu Cyanwasserstoff verbunden, entsteht es neben dem ätherischen Bittermandelöl bei der eigenthümlichen Gährung oder Spaltung des Amygdalins, einer organischen Verbindung, die sich vorzüglich in den Kernen der Amygdaleen und Pomaceen findet. In größter Masse bildet sich das Cyan, wenn Alkalimetalle in Berührung mit Kohle und Stickstoff bis zum Weißglühen erhitzt werden, wie z. B. im Hohofen der Eisenwerke; man hat berechnet, daß ein solcher Ofen täglich mehrere hundert Pfund Cyankalium erzeugt, dessen Gewinnung aber nicht möglich ist. In geringer Menge bildet sich Cyan stets bei der trocknen Destillation stickstoffhaltiger organischer Stoffe, das Ammoniakwasser der Gasfabriken enthält stets neben viel Ammoniak geringe Mengen von Cyanammonium. Die Cyanbildung aus solchen Körpern wird aber ungemein befördert, wenn man sie bei Abschluß der Luft mit ätzenden oder kohlensauren Alkalien glüht, wobei sich Cyankalium bildet, und dieses ist der Weg, auf welchem fabrikmäßig alle Cyanverbindungen dargestellt werden. Leitet man ein Gemenge von Ammoniakgas und Kohlenoxydgas durch eine glühende Röhre, so bildet sich Cyanammonium, ebenso entsteht es, wenn Stickoxydgas mit Kohlenwasserstoffgasen durch eine mit Platinschwamm gefüllte glühende Röhre geleitet wird.

Bringt man eine wäßrige Lösung von Cyankalium mit Eisen zusammen, so wird Eisen gelöst, Wasserstoff wird frei und außerdem freies Kali gebildet. Concentrirt man diese Lösung, so krystallisirt ein schönes gelb gefärbtes Salz, welches die Elemente von 3 At. Cyan, 2 At. Kalium und 1 At. Eisen enthält. Es findet daher folgende Zersetzung Statt:

$$3\,KCy + Fe + HO = (K_2 \,.\, Fe \,.\, 3\,Cy) + KO + H.$$

Man könnte demnach dieses neue Salz als eine Verbindung von Cyankalium mit Cyaneisen 2 KCy . Fe Cy betrachten. Aber der Umstand, daß dieses Salz sich ganz wesentlich sowohl von den Cyanmetallen, wie auch von den Eisensalzen unterscheidet, hat Veranlassung gegeben, daß man dieses und eine Reihe ihm correspondirender Salze nicht mehr, wie es früher geschah, als Doppelsalze betrachtet, sondern darin ein eigenes Radical, das Ferrocyan, annimmt, welches aus den Elementen von 3 At. Cyan, gepaart mit 1 At. Eisen besteht. Das Ferrocyan hat daher die Zusammensetzung $Fe\,Cy_3$ oder $C_6\,N_3\,Fe$. Ebenso wie man dem Cyan eine abgekürzte Formel gegeben hat, so bezeichnet man auch das Ferrocyan abgekürzt Cfy, worin also der genannte Atomcomplex begriffen ist.

Von den gewöhnlichen Cyanmetallen unterscheiden sich die Ferrocyanverbindungen dadurch, daß jene sämmtlich zu den stärksten Giften gehören — die Cyanwasserstoffsäure ist die bekannte Blausäure —, während die Ferrocyanverbindungen ganz unschädlich sind; wäre die Ferrocyanwasserstoffsäure eine Doppelverbindung von Cyanwasserstoffsäure und Eisencyanür 2 HCy . FeCy, also ein saures Eisencyanür, so wäre es vollkommen unerklärlich, daß sie ganz andere physiologische Wirkungen ausübte. Von allen übrigen Eisensalzen unterscheiden sich die Ferrocyanverbindungen dadurch, daß in ihnen durch keins der gewöhnlichen Reagentien, Schwefelammonium, Ammoniak, Kali, Gerbsäure u. s. w. die Gegenwart des Eisens angezeigt wird. Es ist daher sowohl das Cyan, wie das Eisen im Ferrocyan so modificirt, daß man darin weder Cyan noch Eisen annehmen kann, sondern sie zu einem eigenen Radical verbunden denken muß.

Diese Ansicht über die Constitution des Ferrocyans wurde zuerst von Gay-Lussac aufgestellt, von Berzelius aber lange bekämpft. Liebig war der Erste, welcher sich Gay-Lussac anschloß, und jetzt ist diese Theorie wohl von Allen angenommen.

Das Cyan ist einbasisch, d. h. es verbindet sich immer nur mit 1 Atom Wasserstoff oder mit einem, einem Atom Wasserstoff äquivalenten, Atom Metall. Wir haben daher:

Cyanwasserstoff HCy.
Cyankalium KCy.

Das Ferrocyan ist dagegen zweibasisch, d. h. es verbindet sich immer mit 2 At. Wasserstoff, oder einem 2 At. Wasserstoff äquivalenten Metallmolekül:

Ferrocyanwasserstoff H_2Cfy.
Ferrocyankalium K_2Cfy.
Ferrocyankalium-Baryum KBaCfy.

Entzieht man dem Ferrocyankalium den vierten Theil seines Kaliums, indem man entweder Chlor oder Sauerstoff zuführt, so entsteht ein neues Salz, welches 3 Aeq. Kalium auf 2 Aeq. Ferrocyan enthält. Die beiden Aequivalente des letzteren sind aber wieder unter sich vereint zu einem neuen Radical, dem Ferridcyan, Cfdy = 2 Cfy, dessen Wasserstoffsäure dreibasisch ist, daher ist:

Ferridcyanwasserstoffsäure H_3Cfdy;
Ferridcyankalium K_3Cfdy.

Die Entstehung dieses Salzes läßt sich durch folgende Gleichung erklären:

$$\underbrace{2(K_2Cfy)}_{\text{Ferrocyankalium}} + \underbrace{Cl}_{\text{Chlor.}} = \underbrace{K_3Cfy_2}_{\text{Ferridcyankalium.}} + \underbrace{KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Oder:

$$2(K_2Cfy) + Cl = K_3Cfdy + KCl.$$

Zersetzt man die beiden Kalisalze durch Eisensalze, so erhält man entsprechende Eisenverbindungen.

Das Ferrocyankalium mit Eisenchlorür zusammengebracht, giebt einen weißen Niederschlag, in welchem ein Theil des Kaliums durch Eisen ersetzt ist. Je nach dem Verhältniß der auf einander reagirenden Körper wird dabei mehr oder weniger Kalium verdrängt, nie aber kann das Eisen das Kalium ganz ersetzen. Der Niederschlag entspricht daher dem Eisenchlorür, worin das Chlor durch das zweibasische Ferrocyan, das Eisen zum Theil durch Kalium vertreten ist, wobei aber die Summe des darin vorhandenen Eisens und Kalinms stets 2 Aeq. Metall entsprechen muß. Wenn man von dem veränderlichen Kaliumgehalt dieses Körpers absieht, so kann man ihn als ein Eisenferrocyanür betrachten. Diese Verbindung ist aber sehr unbeständig, durch Absorption von Sauerstoff aus der Luft, oder rascher durch directe Oxydation, färbt sie sich blau und geht in die dem Eisenchlorid entsprechende Verbindung über.

Die letztere erhält man unmittelbar als tiefblauen Niederschlag, wenn man Eisenchlorid mit Ferrocyankalium vermischt. Sie entspricht in so fern dem Eisenchlorid, als darin die 3 Aeq. Chlor durch 3 Aeq. zweibasisches Ferrocyan vertreten sind; weil das Ferrocyan aber zweibasisch ist, so muß natürlich die doppelte Menge Eisen wie im einbasischen Chlorid vorhanden sein. Die Zersetzung wird durch folgende Gleichung erklärt:

$$\underbrace{3(K_2Cfy)}_{\text{Ferrocyankalium.}} + \underbrace{2(Fe_2Cl_3)}_{\text{Eisenchlorid.}} = \underbrace{(2Fe_2)Cfy_3}_{\text{Eisenferrocyanid.}} + \underbrace{6KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Ebenso verhält sich das Ferridcyankalium. Durch Zersetzung mit Eisenchlorür entsteht ein diesem entsprechendes Eisenferridcyanür, welches sich von der Chlorverbindung dadurch unterscheidet, daß das Chlor durch das dreibasische Ferridcyan vertreten ist und daß es demnach 3 Aeq. Eisen enthalten muß, denn:

$$\underbrace{K_3Cfy_2}_{\text{Ferridcyankalium.}} + \underbrace{3FeCl}_{\text{Eisenchlorür.}} = \underbrace{Fe_3Cfy_2}_{\text{Eisenferridcyanür.}} + \underbrace{3KCl.}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Oder:

$$K_3Cfdy + 3FeCl = Fe_3Cfdy + 3KCl.$$

Das Ferridcyankalium zersetzt sich mit Eisenchlorid ganz auf dieselbe Weise wie das Ferrocyankalium, es entsteht Eisenferridcyanid, worin wegen des dreibasischen Ferridcyan die dreifache Menge Eisen wie im Chlorid enthalten ist:

$$\underbrace{3(K_3Cfdy)}_{\text{Ferridcyankalium.}} + \underbrace{3(Fe_2Cl_3)}_{\text{Eisenchlorid.}} = \underbrace{(2Fe_3)Cfdy_3}_{\text{Eisenferridcyanid.}} + \underbrace{9KCl}_{\text{Chlorkalium.}}$$

Es ergiebt sich daher aus dem Vorstehenden, daß das Ferrocyan und das Ferridcyan ganz dem Chlor und dem Cyan analoge Körper sind, denn wir haben:

	Chlor.	Cyan.	Ferrocyan.	Ferridcyan.
Wasserstoff	Chlorwasserstoff, HCl	Cyanwasserstoff, HCy	Ferrocyanwasserstoff, H_2Cfy	Ferridcyanwasserstoff, H_3Cfdy
Kalium	Chlorkalium, KCl	Cyankalium, KCy	Ferrocyankalium, K_2Cfy	Ferridcyankalium, K_3Cfdy
Eisen	Eisenchlorür, $FeCl$	Eisencyanür? $FeCy$	Eisenferrocyanür, Fe_2Cfy	Eisenferridcyanür, Fe_3Cfdy
	Eisenchlorid, Fe_2Cl_3	Eisencyanid? Fe_2Cy_3	Eisenferrocyanid, $(2Fe_2)Cfy_3$	Eisenferridcyanid. $(2Fe_3)Cfdy_3$

Alle diese Verbindungen haben nicht allein wissenschaftliches Interesse, sondern finden auch vielfache Verwendung in den Künsten und Gewerben: die Cyanwasserstoffsäure oder Blausäure in der Pharmacie; das Cyankalium in der Galvanoplastik und als Rohmaterial zum Ferrocyankalium oder dem gelben Blutlaugensalz, dessen vielfache Verwendung in der Färberei bekannt genug ist, außerdem wird daraus das Eisenferrocyanid oder das Pariser- und Berlinerblau dargestellt.

Das Ferridcyankalium ist das rothe Blutlaugensalz oder Gmelin's Salz, dessen man sich ebenfalls in der Färberei und beim Zeugdruck bedient und woraus das Eisenferridcyanür oder Turnbull's Blau dargestellt wird.

Wegen des vielfachen Zusammenhanges dieser Verbindungen unter einander haben wir es vorgezogen, sie sämmtlich in diesem Artikel zu vereinen, und werden in Nachstehendem die Darstellung der Blausäure, die Fabrikation und Eigenschaften des gelben und rothen Blutlaugensalzes, des Cyankaliums und der verschiedenen Eisenverbindungen als Berlinerblau beschrieben.

Cyanwasserstoffsäure, Blausäure. Die Blausäure wurde zuerst von Scheele 1782 aus dem im Jahre 1704 von Diesbach in Berlin entdeckten Berlinerblau, sowie aus der Blutlauge, welche bei der Fabrikation des Berlinerblaus durch Glühen thierischer Substanzen mit Alkalien gewonnen wird, dargestellt. Ohne diejenigen ihrer Eigenschaften zu erkennen, welche diese Verbindung als Säure charakterisiren, fand sie Scheele aus Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff, oder nach damaliger chemischer Theorie aus flüchtigem Alkali, Luftsäure und Phlogiston zusammengesetzt und hielt sie für das färbende Princip des Berlinerblaus. Erst nachdem Macquer etwa um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts das Berlinerblau mittelst Aetzkalks in Eisenkalk (Eisenoxyd) und eine verbrennliche färbende Substanz verwandelt hatte, die er von ersterem zwar nicht trennen, aber mit Kali zu phlogistisirtem Kali (Blutlaugensalz) verbinden konnte, hielt Bergmann den Farbstoff des Berlinerblaus für eine Säure und nannte die von Scheele dargestellte Verbindung Berliner-Blausäure. Diese Ansicht wurde im Jahre 1772 von Morveau und im Jahre 1787 von Berthollet

bestimmt ausgesprochen; Letzterer bestätigte die von Scheele bereits erkannte Zusammensetzung der neuen Säure, Proust und Ittner stellten einige ihrer Verbindungen dar und Letzterer erhielt sie bei Einwirkung von Salzsäure auf Cyanquecksilber als ein Gas, dessen Verdichtung ihm jedoch nicht gelang. Im flüssigen Zustande wurde die wasserfreie Blausäure zuerst im Jahre 1815 von Gay-Lussac erhalten, der zugleich ihre Eigenschaften genau ermittelte, ihre quantitative Zusammensetzung feststellte, einige ihrer Verbindungen untersuchte und daraus folgerte, daß die Blausäure nicht das färbende Princip des Berlinerblaus, sondern die Wasserstoffverbindung des Cyans, eines aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzten Radicals, sei, dessen Isolirung ihm zu gleicher Zeit gelungen war.

Ueber das natürliche Vorkommen der Blausäure sind verschiedene Ansichten gehegt worden, nach denen sie entweder gar nicht, oder doch nur in sehr geringer Menge in einigen vegetabilischen Stoffen fertig gebildet auftreten soll. Werden bittere Mandeln, die Kerne der Kirschen, Pflaumen, Aprikosen und Pfirschen, die Blätter und zarten Zweige des Pfirsichbaumes, die Blätter des Kirschlorbeerbaumes und ähnliche Theile der zur Familie der Pomaceen und Amygdaleen gehörenden Pflanzen zerstoßen, mit Wasser hingestellt und darauf destillirt, so erhält man ein blausäurehaltiges Destillat, dessen Blausäure früher allgemein in den Pflanzen fertig gebildet angenommen wurde. Sehr bald wurde jedoch die Beobachtung gemacht, daß die Mehrzahl der Pflanzentheile, welche, mit Wasser behandelt, ein blausäurehaltiges Destillat lieferten, den eigenthümlichen Geruch der Blausäure nicht ohne gleichzeitigen Zutritt von Wasser wahrnehmen ließen, daß man z. B. an einer zerbrochenen bitteren Mandel nicht die geringste Spur Blausäure durch den Geruch erkennen konnte, während sie bei Destillation mit Wasser ein stark darnach riechendes Destillat lieferte, und man schloß daraus, daß das Wasser bei diesem Vorgange eine besondere Function haben müsse und daß nur in solchen Pflanzentheilen die Blausäure fertig gebildet vorkommen könne, welche viel wäßrigen Saft enthalten. Während Guibourt und Lepage die Bildung von Blausäure aus den erwähnten Pflanzentheilen nur unter Vermittlung des Wassers erklären zu müssen glaubten, meinte Winckler, daß in den saftreichen Blättern des Kirschlorbeers eine geringe Menge des bei der Destillation auftretenden Bittermandelöls und der Blausäure fertig gebildet enthalten sei, dessen Quantität vom Wassergehalt der Blätter abhängig sei und mit dem Austrocknen derselben abnähme und verschwände.

Nachdem Robiquet und Boutron-Charlars in den bitteren Mandeln das Amygdalin, einen stickstoffhaltigen, krystallinischen Stoff entdeckt hatten, der sich durch Weingeist den bitteren Mandeln entziehen ließ, und diese Chemiker zugleich erkannt hatten, daß von Amygdalin befreite bittere Mandeln bei der Destillation mit Wasser keinen Geruch nach Blausäure mehr entwickelten, gelangte man zu der Ansicht, daß die Blausäure ebenso wie das Bittermandelöl durch die Einwirkung von Wasser auf Amygdalin entstehe; Liebig und Wöhler bestätigten diese Ansicht und fanden bei ihren darauf bezüglichen Untersuchungen, daß in den bitteren und süßen Mandeln ein eigenthümlicher eiweißartiger Stoff, das Emulsin, enthalten sei, welcher auf das nur in den bitteren Mandeln bis dahin gefundene Amygdalin einwirke und unter Vermittlung von Wasser dessen Zersetzung in Blausäure, Bittermandelöl und Traubenzucker nach folgender Gleichung veranlasse:

$$\underbrace{C_{40}H_{27}NO_{22}}_{\text{Amygdalin.}} + \underbrace{4\,HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{C_{14}H_6O_2}_{\text{Bittermandelöl.}} + \underbrace{C_2NH}_{\text{Blausäure.}}$$
$$+ \underbrace{2\,(C_{12}H_{12}O_{12})}_{\text{Traubenzucker.}}$$

Es läßt sich hiernach schließen und ist theilweis bestätigt worden, daß alle Pflanzentheile, welche bei ihrer Destillation mit Wasser ein blausäurehaltiges Destillat liefern, Amygdalin und Emulsin oder einen ihm ähnlichen eiweißartigen Stoff enthalten, durch deren gegenseitige Einwirkung sich die Blausäure bildet, und daß höchstens die sehr saftreichen Theile der angeführten Pflanzen eine geringe Menge Blausäure fertig gebildet enthalten.

Außer dieser Bildung der Blausäure tritt sie zuweilen als Zersetzungsproduct auf, bei trockner Destillation stickstoffhaltiger Substanzen; sie ist von Vogel im Tabacksrauch nachgewiesen, oder bei Einwirkung von Salpetersäure auf gewisse organische Stoffe, z. B. auf Weingeist; sie bildet sich ferner beim Glühen des ameisensauren Ammoniumoxyds neben Wasser.

Bereitung. Blausäure läßt sich nicht durch directe Vereinigung von Cyan und Wasserstoff erhalten; außer bei den angeführten Zersetzungen einiger organischer Stoffe bildet sie sich nur durch wechselseitige Zersetzung gewisser Cyanmetalle mit Wasserstoffsäuren oder wasserhaltiger Sauerstoffsäuren und je nach der Concentration der zu erhaltenden Blausäure werden zu ihrer Gewinnung verschiedene Operationen ausgeführt, welche bei der großen Flüchtigkeit und den giftigen Eigenschaften des Products stets die größte Vorsicht erfordern. Nur vom geübten Arbeiter sollte besonders die Darstellung der wasserfreien Blausäure ausgeführt werden und dieselbe niemals denen überlassen bleiben, welche mit den nothwendig dabei anzuwendenden Vorsichtsmaßregeln unbekannt sind, mit deren Beobachtung die Operation nur allein gefahrlos sein kann.

Wasserfreie Blausäure wird nach Gay-Lussac aus Cyanquecksilber mit Salzsäure dargestellt. Trockenes und gepulvertes Cyanquecksilber bringt man in eine tubulirte Glasretorte, übergießt es darin mit etwa seinem gleichen Gewicht concentrirter Salzsäure (1,2 spec. Gew.) und verbindet den Hals der Retorte mit einer horizontal liegenden, 2 Fuß langen und $^3/_4$ Zoll im Durchmesser haltenden Glasröhre, deren vorderes, der Retorte zunächst gelegenes Drittheil mit weißem Marmor, deren übriger Theil aber mit geschmolzenen Chlorcalciumstückchen gefüllt ist. Das freie Ende dieser Glasröhre ist mit einem in Eis oder in einer künstlichen Kältemischung stehenden Glasgefäß verbunden, welches zur Aufnahme des Destillats dient. Schon bei gelindem Erwärmen des Retorteninhalts entwickelt sich dampfförmige Blausäure, welche in die vorgelegte Glasröhre übergeht, hier durch die Marmorstückchen unter Abgabe ihrer Kohlensäure von den gleichzeitig auftretenden Salz-

säuredämpfen, durch die Chorcalciumstückchen aber von Wasserdämpfen befreit wird, sich zum Theil verdichtet und durch sehr gelindes Erwärmen der Glasröhre in das zu ihrer Aufnahme vorgelegte Glas getrieben wird, wo sich die Blausäure unter dem Einfluß einer sehr niedrigen Tempreatur zu einer farblosen Flüssigkeit condensirt. Die Zersetzung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\underbrace{HgCy}_{\text{Cyanquecksilber.}} + \underbrace{HCl}_{\text{Salzsäure.}} = \underbrace{HgCl}_{\text{Quecksilberchlorid.}} + \underbrace{HCy}_{\text{Blausäure.}}$$

Eine zu rasche Entwicklung der Blausäure bei starkem Erwärmen ist nicht zu empfehlen, da hierbei eine große Menge Salzsäuregas auftritt, welches theils das Destillat verunreinigt, theils bei seinem Durchgange durch die Glasröhre eine beträchtliche Entwicklung von Kohlensäure aus den Marmorstücken veranlaßt, welche eine große Menge gasförmiger Blausäure mit sich fortführt; ebenso ist aus gleichen Gründen ein größerer Zusatz von Salzsäure, als zur Zersetzung des Cyanquecksilbers nöthig ist, zu vermeiden.

Vauquelin zersetzte in einem langen Glasrohr liegendes, trocknes Cyanquecksilber durch darüber in langsamem Strom geleitetes Schwefelwasserstoffgas. Das Cyanquecksilber wird hierbei in Schwefelquecksilber verwandelt und die entweichende wasserfreie Blausäure in ein mit dem Glasrohr verbundenes Gefäß geführt, nachdem sie zuvor noch durch ein mit kohlensaurem Bleioxyd gefülltes Rohr geleitet war, um sie von etwa beigemischtem Schwefelwasserstoffgase unter Bildung von Schwefelblei zu befreien.

Andere Methoden zur Gewinnung einer wasserfreien Blausäure bezwecken eine Entwässerung der wäßrigen Säure oder ihres Dampfes durch Chlorcalcium. Nach Trautwein stellt man zuerst durch Destillation von 15 Th. Ferrocyankalium (Blutlaugensalz), 9 Th. Schwefelsäure und 9 Th. Wasser eine wasserhaltige Blausäure dar und läßt sie direct in ein mit Chlorcalciumstückchen gefülltes Gefäß fließen. Das Chlorcalcium löst sich in dem Wasser der Säure auf und die auf der Lösung schwimmende Blausäure läßt sich abgießen; sie wird in einem passenden Gefäße so lange mit neuen Mengen von Chlorcalcium geschüttelt, bis dieses vollständig trocken bleibt, dann abgegossen oder schließlich rectificirt. Bei der Zersetzung des Blutlaugensalzes mit Schwefelsäure wird nur die Hälfte des darin enthaltenen Cyans zur Bildung von Cyanwasserstoffsäure verwandt; alles Cyaneisen und 1/4 Th. des Cyankaliums bleibt unzersetzt, wie folgende Gleichung veranschaulicht:

$$\underbrace{4\,(2\,KCy\,.\,FeCy\,.\,3\,HO)}_{\text{Blutlaugensalz.}} + \underbrace{6\,(SO_3\,.\,HO)}_{\text{Schwefelsäure.}} = \underbrace{6\,CyH}_{\text{Blausäure.}}$$
$$+ \underbrace{(4\,FeCy\,.\,2\,KCy)}_{\text{Fester Rückstand.}} + \underbrace{6\,KO\,.\,SO_3}_{\text{Schwefelf. Kali.}} + \underbrace{12\,HO}_{\text{Wasser.}}$$

Wöhler läßt zur Gewinnung einer wasserfreien Blausäure 10 Th. Blutlaugensalz, 7 Th. Schwefelsäure und 14 Th. Wasser aus einer Glasretorte destilliren, deren Hals unter einem Winkel von 45° steht; mit dieser steht ein U-förmig gebogenes Rohr in Verbindung, dessen einer, der Retorte zunächststehender Schenkel mit Cyankalium, dessen übriger Theil aber mit kleinen Chlorcalciumstückchen gefüllt ist. Das Rohr muß aufrecht in einem mit kaltem Wasser gefüllten Cylinder stehen und sein freier Schenkel mittelst eines gebogenen Glasrohrs mit dem zur Aufnahme des Destillats bestimmten, in Schnee,- oder Eis und Kochsalz stehenden Glase in Verbindung gesetzt sein. Zunächst gelangt die bei der Destillation sich bildende Blausäure in das abgekühlte U-förmig gebogene Rohr, wird hier theilweis condensirt, durch das Cyankalium von etwa mit übergerissener Schwefelsäure, durch das Chlorcalcium von seinem Wassergehalt befreiet; die so gereinigte und entwässerte Blausäure wird dann in das vorgelegte Gefäß dadurch überdestillirt, daß man das U-förmig gebogene Rohr in einen Cylinder mit 30° warmem Wasser eintaucht und dabei für eine gute Abkühlung des vorgelegten Glases sorgt.

Wasserhaltige Blausäure. Wegen ihrer Anwendung zu medicinischen Zwecken wird eine wäßrige Lösung der Blausäure viel öfter als die wasserfreie Säure dargestellt, welche fast nur zu chemischen Operationen benutzt wird. Sie kann aus denselben Materialien und in derselben Weise wie die wasserfreie Blausäure erhalten werden, ohne daß man jedoch die hierbei nöthigen Operationen des Entwässerns auszuführen hat. Fast alle Pharmakopöen, welche die immer mehr aus dem Bereiche der Heilmittel schwindende Blausäure zu bereiten verlangen, lassen dazu Blutlaugensalz verwenden und dieses entweder mit Schwefelsäure und Wasser oder auch Weingeist destilliren, oder die sich gasförmig entwickelnde Blausäure in eine vorgeschriebene Menge Wasser oder Weingeist einleiten, welche der Concentration der darzustellenden Blausäure entspricht. Aus Blutlaugensalz und Schwefelsäure destillirt, ist die Blausäure ein sehr haltbares Präparat, dessen Bereitung am besten in folgender Weise auszuführen ist:

In einen kurzhalsigen Kolben bringt man 10 Th. zerriebenes Blutlaugensalz und die vollständig erkaltete Mischung von 7 Th. Schwefelsäure und 14 Th. Wasser, verbindet den Kolben mittelst eines gebogenen Rohres mit einem Kühlapparat, dessen Ende in eine gebogene Spitze ausgezogen ist; diese wird bis an die Oberfläche des in einem vorgelegten Glase enthaltenen Wassers eingetaucht, darauf bei gelindem und gleichmäßigem Erwärmen des Kolbens die Blausäure entwickelt, die sich leicht in dem Kühlapparat verdichtet und als ölige Streifen in die gebogene Spitze desselben und von hier in das vorgelegte Wasser gelangt, in der sie sich löst. Da die Spitze des Kühlapparats nur die Oberfläche des vorgelegten Wassers berührt, so ist ein Zurücksteigen des letzteren nicht zu befürchten, die Destillation ist ganz gefahrlos und dann beendet, wenn die öligen Streifen der Blausäure in der Spitze des Kühlapparats nicht mehr wahrzunehmen sind. Der Blausäuregehalt des Destillats ist von dem Verhältniß der angewandten Ingredienzien und von der Leitung der Destillation abhängig und muß stets durch Prüfung festgestellt werden, wenn die Blausäure für medicinische Zwecke dienen soll.

Die Pharmakopöen verschiedener Länder weichen in ihren Vorschriften zur Darstellung der medicinischen Blausäure sehr von einander ab und veranlassen dadurch eine nicht unbedeutende Verschiedenheit im Blausäuregehalt des Präparats. Faß alle lassen dazu Blutlaugensalz verwenden, dieses meistens mit Schwefelsäure

seltener mit Phosphorsäure zersetzen, entweder die Blausäure ganz oder nur theilweise in vorgelegtes Wasser überdestilliren, schreiben auch wohl einen Zusatz von Weingeist zum Destillat vor oder lassen den Weingeist mit der Blausäure überdestilliren in der Meinung, dadurch das Präparat haltbarer zu machen. Die wäßrige Blausäure, aus Blutlaugensalz und Schwefelsäure destillirt, ist jedoch ein nicht leicht sich veränderndes Präparat, sie bedarf keines Zusatzes von Weingeist, zumal der Weingeist den Siedepunkt des Gemenges erniedrigt und dadurch die Zersetzung des Blutlaugensalzes verhindert. Wir lassen die Vorschriften der hauptsächlichsten Pharmakopöen hier folgen, um sowohl ihre Abweichungen als ihre Verschiedenheit in der Concentration der Blausäure zu zeigen.

Hessische Pharmakopöe: 16 Th. Blutlaugensalz sollen in einer Retorte mit einem abgekühlten Gemisch von 8 Theilen concentrirter Schwefelsäure und ebensoviel Wasser übergossen und die bei gelindem Erwärmen sich entwickelnde Blausäure in eine 14 Th. Alkohol enthaltende Vorlage geführt werden, bis der Inhalt der Vorlage 16 Th. beträgt; die Säure besitzt 18 bis 20 Proc. wasserfreie Blausäure.

Baierische Pharmakopöe: 4 Th. Blutlaugensalz sollen in einem Glase in 16 Th. Wasser gelöst und der Lösung ein erkaltetes Gemisch von 3 Th. Schwefelsäure und 12 Th. Weingeist von 0,840 spec. Gew. zugesetzt werden. Das nach öfterem Schütteln sich ausscheidende schwefelsaure Kali und Cyaneisen werden von der Flüssigkeit getrennt, letztere aus einer Retorte bei 75° destillirt, bis das in einer gut gekühlten Vorlage sich ansammelnde Destillat den Raum von 20 Th. Wasser einnimmt, und dann 4 Proc. Blausäure enthält.

Holsteinische Pharmakopöe: 1 Th. Blutlaugensalz wird mit einem Gemisch von $^1/_2$ Th. concentrirter Schwefelsäure und ebensoviel Wasser übergossen und fast bis zur Trockne destillirt, wobei die sich entwickelnden Blausäuredämpfe in 4 Th. Alkohol eingeleitet werden und wobei die Destillation beendet sein soll, sobald sich keine öligen Streifen der Säure im Kühlrohr mehr wahrnehmen lassen; das Destillat soll mit Alkohol bis zu 6 Th. vermischt werden; es enthält dann 3 Proc. wasserfreie Blausäure.

Oesterreichische Pharmakopöe: 2 Th. Blutlaugensalz, 1 Th. concentrirte Schwefelsäure und 1 Th. Wasser werden bis zur Trockne destillirt und die frei werdende Blausäure zuerst in 8 Th. Alkohol von 0,85 spec. Gew. geleitet, darauf das Destillat bis auf 12 Th. mit Alkohol vermischt. 2,5 Proc. wasserfreie Blausäure.

Badensche Pharmakopöe: 1 Th. Blutlaugensalz soll in einer Retorte in 4 Th. Wasser gelöst, dazu ein Gemisch von $^1/_2$ Th. concentrirter Schwefelsäure und ebensoviel Wasser gegossen werden. Die Retorte steht mittelst einer tubulirten Vorlage und einem Gasleitungsrohr mit einer Flasche in Verbindung, welche zur Aufnahme des Destillats mit 5 Th. Wasser gefüllt ist; der Inhalt der Retorte wird bis zur Trockne abdestillirt und das 9 Th. betragende Destillat soll 2 Proc. wasserfreier Blausäure enthalten.

Hannoversche Pharmakopöe: 1 Th. Blutlaugensalz soll in einem Glaskolben mit $^1/_2$ Th. Schwefelsäure und 1 Th. Wasser übergossen werden; das Gemisch wird destillirt und das Product mittelst eines Gasleitungsrohrs in 3 Th. Alkohol eingeleitet, bis der Inhalt des Kolbens fast trocken geworden ist. Das Destillat soll mit so vielem Alkohol vermischt werden, daß es 6 Th. beträgt und dann 2 Proc. wasserfreie Blausäure enthält.

Preußische Pharmakopöe (Ed. VI.): 7 Th. Blutlaugensalz, 24 Th. Wasser, 54 Th. Weingeist und 7 Th. Schwefelsäure sollen in einem Glaskolben im Wasserbade erwärmt und die sich entwickelnde Blausäure in eine abgekühlte Vorlage destillirt werden, bis kein Tropfen mehr übergeht. Das Destillat muß 60 Th. betragen und 2 Proc. wasserfreie Blausäure enthalten.

Sächsische Pharmakopöe: 1 Th. Blutlaugensalz soll mit 2 Th. aus Knochen bereiteter Phosphorsäure von 1,13 spec. Gew. und 3 Th. Alkohol übergossen, bei gelindem Erwärmen bis fast zur Trockne destillirt und das Destillat in eine Vorlage geleitet werden, welche 1 Th. Alkohol enthält; das Gesammtgewicht des Destillats soll 6 Th. betragen und dieses 1,9 Proc. wasserfreier Blausäure entsprechen.

Londoner Pharmakopöe: 1 Th. Blutlaugensalz wird in 5 Th. Wasser gelöst, dazu ein Gemisch von 2 Th. Wasser und 0,44 Th. concentrirter Schwefelsäure gesetzt, das Ganze aus einer Retorte destillirt und das Destillat in 4 Th. Wasser eingeleitet; letzteres muß nach beendigter Destillation 7 Th. betragen und wird dann noch mit Wasser bis auf 10 Th. verdünnt, so daß es etwa 2 bis 2,5 Proc. wasserfreie Blausäure enthält.

Der Gehalt an wasserfreier Blausäure im Destillat wird von den meisten Pharmakopöen besonders festgestellt und muß durch Prüfung und Verdünnung des Destillats mit der hinreichenden Menge Wasser oder Weingeist erzielt werden. Eine stets gleich concentrirte Blausäure wird man nach Vorschrift des Pariser Codex durch Vermischen der wasserfreien Blausäure mit einer bestimmten Quantität Wasser erhalten; allein die Darstellung einer wasserleeren Blausäure ist eine zu gefahrvolle Operation, als daß diese Vorschrift empfohlen werden könnte.

Unter den vielen vorgeschlagenen Bereitungsmethoden der Blausäure sind noch folgende anzuführen:

Vauquelin läßt 1 Th. Cyanquecksilber in 8 Th. Wasser lösen, aus der Lösung durch Schwefelwasserstoffgas das Quecksilber fällen und den Ueberschuß an Schwefelwasserstoff durch Digestion mit kohlensaurem Bleioxyd wegnehmen. Die im bedeckten Trichter filtrirte Flüssigkeit soll 2,5 Proc. Blausäure enthalten, der Gehalt ist jedoch unsicher, da leicht beim Filtriren etwas Blausäure verdunstet. Vor dem Filtriren muß man der Säure einen Tropfen Schwefelsäure zusetzen, um das Schwefelquecksilber in Flocken abzuscheiden.

Clark zersetzt 16 Grm. reines Cyankalium mit 36 Grm. Weinsäure, beide in 480 Grm. Wasser gelöst. Hierbei wird doppelt weinsaures Kali ausgeschieden und von diesem die überstehende klare Flüssigkeit nach einiger Zeit abgegossen, welche außer geringen Mengen des sauren weinsauren Kalis 1,5 Proc. Blausäure enthalten soll. Statt des Cyankaliums hat man auch Cyansilber vorgeschlagen, welches durch eine berechnete Menge von Salzsäure zersetzt werden soll; die gebildete Blausäure wird

von dem entstandenen Chlorsilber abgegossen; sie ist frei von Salzsäure, wenn zur Zersetzung des Cyansilbers kein Ueberschuß an Salzsäure angewandt war.

Thomson schüttelt in einer verschließbaren Flasche 43,56 Grm. Cyanblei mit einem Gemisch von 28 Grm. Schwefelsäure (1,82 spec. Gew.) und 460 Grm. Wasser und gießt die 2 Proc. Blausäure enthaltende klare Flüssigkeit von dem ausgeschiedenen schwefelsauren Bleioxyd ab.

Zusammensetzung. Die von *Berthollet* in der Blausäure aufgefundenen Bestandtheile wurden nach Darstellung der Säure im wasserfreien Zustande von *Gay-Lussac* quantitativ ermittelt; seine Untersuchungen ergaben:

	Atomgewicht.	In 100 Th.
2 Aeq. Kohlenstoff	12	44,45
1 „ Stickstoff	14	51,85
1 „ Wasserstoff	1	3,70
	27	100,00

wonach für die Blausäure die Formel

C_2NH oder CyH

angenommen werden muß.

Eigenschaften und Zersetzungen. Die wasserfreie Blausäure ist bei gewöhnlicher Temperatur eine klare, farblose Flüssigkeit, die dem Bittermandelöl ähnlich riecht, etwas bitterlich, scharf schmeckt und so flüchtig ist, daß ein Tropfen derselben, auf eine Glasplatte gegossen, durch seine eigene schnelle Verdampfung krystallisirt. Lackmuspapier wird von der Blausäure nur schwach und vorübergehend geröthet; sie mischt sich mit Wasser und Weingeist in jedem Verhältniß, krystallisirt in dünnen seidenartigen Nadeln bei —15°, siedet bei 26,5°, hat ein specifisches Gewicht von 0,696 bei 18°. Aehnliche Eigenschaften, nur in geringerem Grade, besitzt die wasserhaltige Blausäure, deren specifisches Gewicht nach ihrem Gehalt an Blausäure und Alkohol variirt und die um so leichter erstarrt, je mehr Wasser sie enthält.

Die reine Blausäure zersetzt sich sehr leicht, besonders unter dem Einflusse des Lichtes in Ammoniak und eine braune, flockig sich abscheidende Substanz, welche, ein Gemisch mehrerer Stoffe, noch nicht genaü untersucht ist und *Azulmsäure* genannt wurde; ein sehr geringer Zusatz irgend einer Mineralsäure verhindert diese Zersetzung der Blausäure, während schon Spuren von Alkalien oder Ammoniak sie beschleunigen.

Concentrirte Säuren, wie Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure zersetzen Blausäure bei Gegenwart von Wasser in Ameisensäure und Ammoniak nach der Gleichung:

$$\underbrace{C_2NH}_{\text{Blausäure.}} + \underbrace{4HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{C_2H_2O_4}_{\text{Ameisensäure.}} + \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}}$$

Werden wasserfreie Blausäure und rauchende Salzsäure zu gleichen Volumen gemischt, so erstarrt das Gemisch nach dem Erkalten zu einer krystallinischen Masse von Salmiak und Ameisensäure. Eine ähnliche Zersetzung der Blausäure wird, nach *Pelouze* und *Geiger*, durch Einwirkung *fixer Alkalien* bei erhöheter Temperatur wahrscheinlich wegen der Verwandtschaft des Alkalis zur Ameisensäure herbeigeführt:

$$\underbrace{C_2NH}_{\text{Blausäure.}} + \underbrace{KO}_{\text{Kali.}} + \underbrace{3HO}_{\text{Wasser.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}C_2HO_2\\K\end{matrix}\right\} O_2}_{\text{Ameisens. Kali.}} + \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}}$$

Chlor und *Brom* bilden aus der Blausäure Chlor- und Bromcyan. *Schwefelammonium* mit Blausäure gemischt, giebt nach dem Erwärmen der Lösung und Verdampfen des überschüssigen Schwefelammoniums Schwefelcyanammonium, dessen Gegenwart in der Flüssigkeit durch Zusatz von Eisenchloridlösung noch dann an einer intensiv blutrothen Färbung nachgewiesen werden kann, wenn die Menge desselben nur $^1/_{4000}$ Th. der Lösung beträgt. Mit *salpetersaurem Silberoxyd* zersetzt sich die Blausäure in Cyansilber, welches in Salpetersäure unlöslich, löslich dagegen in Ammoniak ist. Nach der Neutralisation der Blausäure mit Kali verursachen Lösungen von Eisenoxydul- und Eisenoxydsalzen darin einen blauen Niederschlag von Berlinerblau, dem durch Uebergießen mit Salzsäure beigemengtes Eisenoxyduloxyd entzogen werden kann.

Sowohl die wasserfreie Säure als ihr Dampf verbrennen mit rother Flamme. Das specifische Gewicht des Dampfes ist nach *Gay-Lussac* 0,9476; wird er mit Sauerstoff gemischt, so verbrennt 1 Vol. des ersteren mit 5 Vol. des letzteren unter Explosion bei Entzündung mittelst des elektrischen Funkens und die entstehenden Producte sind: 2 Vol. Kohlensäure, 1 Vol. Stickstoff und 1 Vol. Wasserdampf:

$$\underbrace{C_2NH}_{\text{Blausäure.}} + \underbrace{5O}_{\text{Sauerstoff.}} = \underbrace{2CO_2}_{\text{Kohlensäure.}} + \underbrace{N}_{\text{Stickstoff.}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser.}}$$

Ueber glühendes Eisen geleitet, zersetzt sich der Dampf der Blausäure in Kohle und gleiche Volume Wasserstoff und Stickstoff; mit glühendem Kupferoxyd in Berührung bildet sie Wasser, Stickstoff und Kohlensäure, die letzteren im Volumverhältnisse von 1 : 2; mit kaltem Kupferoxyd Wasser und Cyangas unter Reduction des Kupfers oder Bildung von Kupfercyanür:

$$\underbrace{2HCy}_{\text{Blausäure.}} + \underbrace{2CuO}_{\text{Kupferoxyd.}} = \underbrace{Cu_2Cy}_{\text{Kupfercyanür.}} + \underbrace{2HO}_{\text{Wasser.}} + \underbrace{Cy}_{\text{Cyan.}}$$

Kalium, im Dampf der Blausäure erhitzt, bildet unter Ausscheidung von Wasserstoffgas Cyankalium.

Wie alle Wasserstoffsäuren bildet die Cyanwasserstoffsäure mit den Metalloxyden unter Ausscheidung von Wasser Salze, von denen die der Alkalien und alkalischen Erden in Wasser löslich, die der Erdmetalle und Metalle unlöslich sind, ebenso geht die wasserfreie Cyanwasserstoffsäure mit mehreren Metallchloriden interessante Verbindungen ein, wenn sie damit gasförmig zusammengebracht wird.

Prüfung und Bestimmung. Wohl selten dürfte eine absichtliche Verfälschung der Blausäure vorkommen, viel häufiger wird dagegen eine Verunreinigung derselben durch unvorsichtige Bereitungsweise oder die Ausführung einer mangelhaften Darstellungsmethode veranlaßt werden; eine solche kann auch durch Zersetzung des Präparats in Folge einer zu langen Aufbewahrung in schlecht verschlossenen Gefäßen entstehen. Die Prüfung der Blausäure müßte sich demnach auf folgende Beimischungen erstrecken: Auf starke *Mineralsäuren*, welche an der rothen Färbung des Lackmuspapiers und an einem Niederschlage von rothem Quecksilberjodid zu erkennen sind, welchen nur diese Säuren, aber nicht Blausäure in einer farblosen Lösung von Cyanquecksilber-Jodkalium erzeugen, wenn die Blausäure keinen Weingeist enthält. Schwe-

felsäure zeigt sich an einer Trübung und Fällung der Blausäure mit Chlorbaryum; Salzsäure erkennt man darin, wenn man die Säure mit Ammoniak versetzt und im Wasserbade eindampft, wobei Chlorammonium zurückbleibt und Cyanammonium sich verflüchtigt. Der mit salpetersaurem Silberoxyd in einer mit Salzsäure verunreinigten Blausäure entstehende Niederschlag von Cyan- und Chlorsilber löst sich wegen des beigemengten Chlorsilbers nicht vollständig in warmer concentrirter Salpetersäure. Auf Ammoniak: die Säure bräunt sich dann schnell und entwickelt mit Aetzkali versetzt in der Kälte Ammoniakgas. Auf Schwefelwasserstoffgas: es entsteht in der Säure eine braune Fällung durch Quecksilbercyanid. Auf Quecksilbercyanid, wenn sie nach Vauquelin's Methode bereitet ist: sie giebt dann einen schwarzen Niederschlag von Schwefelquecksilber beim Hineinleiten von Schwefelwasserstoffgas. Auf Ameisensäure: die Säure röthet blaue Pflanzenfarben, ohne Salz- oder Schwefelsäure zu enthalten, und scheidet aus Quecksilberoxydlösungen metallisches Quecksilber in grauen Kügelchen aus. Auf Schwefelcyanwasserstoffsäure: es entsteht in der Säure sogleich eine blutrothe Färbung beim Zusatz von Eisenoxydlösungen. Auf Weinstein, nach der von Clarke angegebenen Methode bereitet: sie hinterläßt beim Verdampfen denselben als Salzrückstand.

Die wichtigste Prüfung der Blausäure ist die auf ihren Gehalt an wasserfreier Säure und ist unerläßlich, wenn dieselbe als Arzneimittel verwandt werden soll. Obgleich das specifische Gewicht der Säure in einem bestimmten Verhältniß zu ihrer Concentration steht, so sind doch bei schwachen Säuren die Differenzen ihrer specifischen Gewichte zu gering und Beobachtungsfehler nicht leicht zu vermeiden, weshalb die darauf gegründeten Prüfungsverfahren nicht mehr angewandt werden. Genauere quantitative Bestimmungen der Blausäure beruhen auf Ueberführung derselben in Cyanverbindungen, aus deren Gewicht sich die Menge des Cyans und folglich auch die der Cyanwasserstoffsäure berechnen läßt, oder auf Ermittelung der Gewichtsmengen eines Stoffes, welche zur Zersetzung der Blausäure verbraucht werden und die indirecte Berechnung derselben gestatten. Am leichtesten läßt sich der Blausäuregehalt durch Wägung des Cyansilbers ermitteln, welches sich in der zu prüfenden Säure mit salpetersaurem Silberoxyd abscheidet. 10 Grm. der Blausäure werden mit dem Vierfachen ihres Volums Wasser verdünnt, mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd versetzt, tüchtig geschüttelt, so daß sich der entstehende käsige weiße Niederschlag vollständig aus der klaren Lösung abscheidet. Wenn auf weiteren Zusatz des Silbersalzes keine Trübung mehr entsteht, filtrirt man und sammelt den Niederschlag von Cyansilber auf einem bei 100° getrockneten und gewogenen Filter, wäscht ihn vollständig mit Wasser aus und trocknet ihn bei einer Temperatur von 100°. Aus dem Gewicht des Cyansilbers berechnet man den Gehalt an wasserfreier Blausäure unter Berücksichtigung, daß 4,96 Th. Cyansilber 1 Th. Blausäure entsprechen. Waren 1,2 Grm. Cyansilber aus 10 Grm. der Blausäure erhalten, so würden aus 100 Grm. der letzteren 12 Grm. Cyansilber erhalten werden und sich der Procentgehalt nach der folgenden Rechnung ergeben:

$$\frac{12}{4,96} = 2,42 \text{ Proc.}$$

Den Blausäuregehalt einer Säure durch directe Vermischung mit einer Silberlösung von bestimmtem Gehalt aus der verbrauchten Menge der letzteren zu berechnen, ist nicht gut auszuführen, da sich bei Zusatz der Silberlösung die Blausäure gleich durch ausscheidendes Cyansilber trüben wird, und der Zeitpunkt nicht zu beobachten ist, in welchem die Silberlösung keine Trübung in der Säure mehr hervorbringt. Dieser Umstand ist bei der von Liebig angegebenen Methode zur Blausäurebestimmung nicht hinderlich: sie beruht darauf, daß 1 Aeq. Cyankalium mit 1 Aeq. Cyansilber ein leicht lösliches Doppelsalz bildet, welches durch überschüssiges Kali nicht zersetzt wird. Bei Ausführung dieser Methode versetzt man die zu prüfende Blausäure mit Kali im Ueberschuß und etwas Kochsalzlösung, mischt sie dann allmälig mit einer Silberlösung von bekanntem Gehalt so lange, bis eine nicht mehr verschwindende Trübung entsteht. Das sich zu Anfange ausscheidende Cyansilber löst sich so lange wieder auf, als noch unzersetztes Cyankalium in Lösung ist, es entsteht das Doppelsalz: $K\,Cy\,.\,AgCy$, und erst wenn alles Cyan der Säure zu dieser Verbindung verbraucht ist, wird die Silberlösung auf die Kochsalzlösung einwirken und eine bleibende Trübung von Chlorsilber erzeugen.

Aus dem verbrauchten Silbersalz läßt sich die in der Probe enthaltene Blausäure berechnen, denn 1 Aeq. desselben (170 Th.) entspricht genau 2 Aeq. des im Doppelsalz enthaltenen Cyans, folglich auch 2 Aeq. Cyanwasserstoffsäure (54 Th.). Am besten bedient man sich zu der Bestimmung einer titrirten Silberlösung, von der 6000 Th. genau 63 Th. salpetersaures Silberoxyd enthalten; 600 Th. dieser Lösung zersetzen 1 Th. wasserleerer Blausäure; da aber bei der erwähnten Methode nur die Hälfte der Blausäure an das Silber tritt, so zeigen schon 300 Th. der Silberlösung 1 Th. wasserleere Blausäure an. Sind nun z. B. zu 8,8 Grm. der zu prüfenden Säure, nachdem sie mit Kali und Kochsalz versetzt war, 67 C.-C. der Silberlösung aus einer graduirten Bürette bis zur bleibenden Trübung zugetropft, so ergiebt sich der Blausäuregehalt nach der Gleichung:

$$8,8 : 67 = 100 : \frac{761,4}{300} = 2,54 \text{ Proc.}$$

Diese Prüfungsmethode ist sehr gut zur Blausäurebestimmung im destillirten Kirschlorbeerwasser, Bittermandelwasser u. s. w. zu gebrauchen.

Entdeckung der Blausäure. Freie Blausäure läßt sich schon bei sehr geringen Mengen durch den Geruch erkennen. Salpetersaures Silberoxyd bewirkt in ihren Lösungen einen weißen, in Cyankalium leicht, in Ammoniak schwierig, in Salpetersäure nicht löslichen flockigen Niederschlag von Cyansilber. Eisenvitriollösung, welche einige Zeit mit der Luft in Berührung gewesen ist, erzeugt in einer mit Kali neutralisirten Blausäure einen schmutzig grünen Niederschlag, der ein Gemenge von Berlinerblau und Eisenoxyduloxydhydrat ist; letzteres löst sich in Salzsäure, während ersteres zurückbleibt. Vermischt man Blausäure mit 1 bis 2 Tropfen

gelbem Schwefelammonium und etwas Ammoniak, erwärmt die Mischung, bis sie farblos geworden ist, so bildet sich Schwefelcyanammonium, und fügt man dazu einen Tropfen Eisenchloridlösung, so entsteht eine blutrothe Färbung der Lösung in Folge von gebildetem Schwefelcyaneisen; es ist dieses eine der empfindlichsten Reactionen auf Blausäure und läßt fast keine Verwechselungen zu. Die angeführte Reaction mit salpetersaurem Silberoxyd läßt sich auf Blausäure nicht bei gleichzeitiger Gegenwart von Salzsäure anwenden; man setzt dann zur Probe Kalilauge, darauf schwefelsaures Kupferoxyd und etwas Salzsäure, wodurch bei Gegenwart von Blausäure weißes Kupfercyanür ungelöst zurückbleiben wird; oder man destillirt die Probe über gepulverten Borax oder kohlensauren Kalk, wobei die Salzsäure von diesen zurückgehalten wird, während Cyanwasserstoffsäure überdestillirt und im Destillate dann mit Silberlösung nachgewiesen werden kann.

Schwierig und unangenehm kann die Nachweisung der Blausäure in organischen Massen, z. B. bei gerichtlichen Untersuchungen in den Contentis des Magens, des Darmcanals u. s. w. sein, da die angeführten Reactionen theils nicht an diesen Substanzen direct vorgenommen werden können, theils durch die organischen Stoffe modificirt werden. In solchen Fällen prüft man die organischen Massen zuerst durch den Geruch, zerkleinert sie dann und unterwirft sie der Destillation aus Glasgefäßen mit oder ohne Zusatz von Wasser, je nach der Consistenz; war die Masse alkalisch, was durch rothes Lackmuspapier zu erkennen ist, so muß man sie vorher mit Weinsäure schwach ansäuern. Nachdem bei guter Abkühlung in die etwas Wasser enthaltende Vorlage $^1/_4$ Th. der Flüssigkeit überdestillirt ist, prüft man das Destillat mit den vorhin angegebenen Reagentien unter Berücksichtigung, daß es auch freie Salzsäure enthalten kann. Die Angabe, daß hier bei der Destillation der organischen Massen Blausäure gebildet werde, ist widerlegt worden.

Anwendung und physiologische Wirkung. Als Arzneimittel wird Blausäure verhältnißmäßig weniger angewandt, als die aus einigen Pflanzen destillirten blausäurehaltigen Wasser, deren giftige Wirkungen und der daraus abgeschiedenen ätherischen Oele schon lange bekannt gewesen sind. In den Arzneischatz wurde Blausäure zuerst von den italienischen Aerzten Borda, Brugnatelli und Rasori eingeführt, und besonders verdanken wir Ittner die ersten sicheren Kenntnisse über ihre Wirkungsweise. Natürlich kann die Blausäure nur in sehr verdünntem Zustande als Heilmittel angewandt werden, und die Dosis derselben ist je nach der Stärke der Säure verschieden. Die größte Dosis für einen Erwachsenen ist von der Blausäure der preußischen Pharmakopöe (Ed. VI.) zu einem Tropfen, nach der hannoverschen Pharmakopöe ebenso angegeben. In der Regel wird die Blausäure zu medicinischem Gebrauch mit Wasser oder Weingeist verdünnt; sie äußert wohlthätige Wirkungen bei entzündlichen Lungen- und Herzleiden, bei Leberkrankheiten, bei Zerrüttung des Nervensystems, in der Wasserscheu, Fallsucht, bei Keuch- und Stickhusten, ist zugleich, äußerlich angewandt, ein schmerzstillendes Mittel bei Zahn- und Gesichtsschmerzen. Die Erscheinungen, welche bei ihrem Gebrauch auftreten, sind die Verursachung eines eigenthümlichen bitteren Geschmacks, Speichelfluß, Reiz im Schlunde, unregelmäßiges und beschwerliches Athmen, Kopfschmerz, Schwindel, Schlaflosigkeit und Trägheit.

Werden größere Dosen, wie angegeben, von Blausäure dem Organismus zugeführt, so wirkt sie als eins der stärksten Gifte auf vegetabilische und animalische Organismen. Pflanzen, die mit ihren Stengeln in Blausäure gestellt sind, verlieren ihre Reizbarkeit, der Milchsaft in den Milchsaft führenden Pflanzen gerinnt, Samenkörner verlieren beim Liegen in Blausäure ihre Keimkraft. Ebenso haben Versuche, welche mit den höchst organisirten Thieren bis zu den Infusorien herab angestellt sind, mit wenigen Ausnahmen die giftige Wirkung der Blausäure auf thierische Körper ergeben; die dabei fast momentan auftretenden Erscheinungen sind convulsivische Zuckungen, Empfindungslosigkeit und Erstarrung; Kaninchen und Hunde sterben in wenigen Secunden, wenn ihnen flüssige Blausäure eingegeben oder der Dampf derselben eingeleitet wird; ein Tropfen der Säure einem Hunde auf die Zunge oder ins Auge getröpfelt, verursacht dessen Tod unter Zuckungen in wenigen Secunden. Nur die Larven der Gattung Musca sollen, nach Gray, 2 bis 3 Tage in Blausäure liegen können, ohne zu sterben.

Bei nicht zu großen Gaben der Blausäure zeigen sich die Vergiftungserscheinungen in einem eigenthümlich bitteren Geschmack bald nach dem Verschlucken der Blausäure, in Mattigkeit und Schwindel, Speichelfluß, es erfolgt Unempfindlichkeit, Starrkrampf, das Athmen ist erschwert, der Athem riecht nach dem Gifte, die Pupille wird erweitert, seltener zusammengezogen, der Puls schlägt unregelmäßig und matt. Meistens dauert dieser Zustand nicht über $^1/_2$ Stunde, und die Erholung des Vergifteten findet rasch Statt. Ist jedoch die Blausäure in allzu großer Quantität dem Organismus zugeführt, so wirkt sie so schnell tödtlich, daß alle diese Symptome nicht bemerkt werden können; fast ohne Zuckungen, nach zwei oder drei tiefen Athemzügen und vorhergehender Empfindungslosigkeit erfolgt der Tod. Die rasche oder langsame Wirkung der Blausäure hängt natürlich von ihrer Stärke ab.

Ueber die Art und Weise der Einwirkung von Blausäure auf den thierischen Organismus sind Versuche gemacht worden, deren Ergebnisse für die örtliche Einwirkung der Blausäure auf die Nerven zu sprechen scheinen. Die von Krimer im Blut der Thiere nach einer damit ausgeführten Vergiftung aufgefundene Blausäure, sowie das Auftreten derselben im Athem der damit vergifteten Thiere sprechen für eine Absorption des Giftes; für eine solche vorhergehende Absorption spricht ferner die Erscheinung, daß die Wirksamkeit der Säure im Verhältniß zu der Absorptionsfähigkeit der damit in Berührung gebrachten organischen Theile steht, daß das Gift erst nach einer gewissen, wenn auch verschieden langen Zeit wirkt, daß es sich fast unwirksam an solchen Stellen des Körpers zeigt, an welchen die Circulation des Blutes nur gering ist, daß es dagegen heftige Vergiftungssymptome hervorruft, wenn es an solche Stellen des Körpers gebracht wird, an denen, wie auf der Zunge oder im Magen, die Nerven sich sehr verzweigen. Nicht

alle Physiologen sind jedoch mit dieser Erklärung der Vergiftungserscheinungen von Blausäure einverstanden.

Die hauptsächlichsten Gegenmittel bei Vergiftungen durch Blausäure sind: Chlorgas, Ammoniak, kalte Umschläge, künstliche Respirationsmittel. Besonders von den beiden ersteren hat man gute Erfolge beobachtet; Chlor wird dem Vergifteten in wäßriger Lösung als Chlorwasser oder als schwache Lösung von Chlorkalk, oder als Bleichwasser, eine Lösung von unterchlorigsaurem Natron, theelöffelweise in kleinen Zwischenräumen eingegeben; außerdem sorgt man dafür, daß er in einer schwach mit Chlorgas gemengten Atmosphäre athmet. In gleicher Weise wird Ammoniak, in schleimige Lösungen eingehüllt, dem Kranken eingegeben; hauptsächlich ihm aber kohlensaures Ammoniak (Riechsalz) oder concentrirte Ammoniaklösung zum Riechen gegeben. In welcher Weise das Ammoniak hier wirkt, ist nicht bekannt und schwer zu erklären, da das daraus wahrscheinlich gebildete Cyanammonium der Blausäure in seinen giftigen Wirkungen nicht nachsteht.

Ferrocyankalium. Gelbes Blutlaugensalz. (Syn. Kaliumferrocyanür, Kalium-Eisencyanür, blausaures Eisenoxydul-Kali.) Die Entdeckung dieses Salzes steht in innigem Zusammenhange mit der des Berlinerblaus. Das letztere war durch einen glücklichen Zufall entdeckt worden, indem Diesbach bei der Bereitung eines Lacks aus Cochenille, Alaun und Eisenvitriol sich des kohlensauren Kalis zur Präcipitation bediente, über welches Dippel sein durch trockne Destillation von Blut gewonnenes Oel rectificirt hatte. Bei dem damaligen Standpunkt der Wissenschaft blieb man über die Zusammensetzung des Berlinerblaus noch lange im Unklaren, selbst seine Bereitung wurde geheim gehalten, bis ein Engländer Woodword sie 1724 veröffentlichte. Man erkannte bald, daß die Potasche die Eigenschaft erlange, Eisensalze blau zu fällen, indem man sie mit Blut calcinirte, und benannte die zur Darstellung des Berlinerblaus dienende Lösung derselben Blutlauge.

Das darin enthaltene Salz wurde 1752 von Macquer rein dargestellt, indem er Berlinerblau mit Potasche kochte, wobei er fand, daß es in Eisenoxyd verwandelt werde, während die Potasche neutralisirt wird. Das so erhaltene Salz nannte er phlogistisirtes Alkali, erst später wurde ihm der Name Blutlaugensalz gegeben. Es wurde darauf Gegenstand vielfacher Untersuchungen, deren Resultate nach einander zur Entdeckung der Blausäure (Scheele 1782), des Ferrocyans (Gay-Lussac und Porret 1814), des Cyans Gay-Lussac (1815), des Ferridcyans (Gmelin 1822) u. s. w. führten. Die bei der Blutlaugensalzfabrikation stattfindenden chemischen Vorgänge erklärte zuerst Liebig*) richtig. Von den vielen technischen Abhandlungen über diesen Gegenstand wollen wir hier nur der Arbeiten von Gentele**), Brunquell*), Karmrodt**), Noellner***), R. Hofmann†) und der Zusammenstellung sämmtlicher Erfahrungen auf diesem Gebiete von Fehling††), Fleck†††) erwähnen. Das Blutlaugensalz wird dargestellt, indem man Potasche schmilzt, in die glühende Masse stickstoffhaltige organische Stoffe einträgt und die wäßrige Lösung, das so erhaltene Cyankalium, mit metallischem Eisen, Schwefeleisen, Eisenoxydul oder Eisenvitriol vermischt, wobei Ferrocyankalium und Kali, Schwefelkalium oder schwefelsaures Kali entsteht. Die Zersetzung durch metallisches Eisen ist schon S. 1431 erklärt, bei Anwendung von Eisenoxydul wird das ausgeschiedene Kalium sich unmittelbar durch den Sauerstoff des Eisenoxyduls oxydiren, bei Anwendung von Schwefeleisen oder schwefelsaurem Eisenoxydul nimmt das Kalium einfach den Platz des in die Verbindung eingetretenen Eisens ein. Folgende Gleichungen werden dieses erklären:

$$3\,KCy + Fe\,O = K_2Cfy + K\,O.$$
$$3\,KCy + Fe\,S = K_2Cfy + K\,S.$$
$$3\,KCy + FeSO_4 = K_2Cfy + K\,SO_4.$$

So einfach der Proceß nach dieser Erklärung scheint, so ist er doch in der Ausführung einer der schwierigsten der technischen Chemie, und namentlich deshalb, weil man trotz aller Vorsichtsmaßregeln nur einen verhältnißmäßig geringen Theil des Stickstoffgehalts der organischen Substanzen in Blutlaugensalz überzuführen vermag. Selten gewinnt man mehr als 20 bis 25 Proc., sehr häufig nur halb so viel des Stickstoffs wieder, während das Uebrige der Fabrikation geradezu verloren geht.

Die praktisch anwendbaren stickstoffhaltigen Substanzen sind im Wesentlichen thierische Abfälle, entweder im rohen Zustande, wie getrocknetes Fleisch von gefallenen Thieren, Blut, Horn, Klauen, Hufe, Haare, Häute, oder solche, die schon andere Verwendung gefunden haben, wie altes Leder, wollene Lumpen, Wollabfälle jeglicher Art. Man verwendet diese dann entweder unmittelbar, nachdem man nur durch sorgfältiges Auslesen Sand und Unreinigkeiten so viel wie möglich entfernt hat, oder man unterwirft sie zuerst einer schwachen Verkohlung, wobei ein Theil ihres Stickstoffs als Ammoniak gewonnen und zu Gute gemacht werden kann. Welches Verfahren am vortheilhaftesten in der praktischen Ausführung sei, ist wohl noch nicht mit absoluter Sicherheit nachgewiesen, man wendet jedoch jetzt meistens die thierischen Stoffe an, ohne sie vorher zu verkohlen, oder verkohlt doch nur einen Theil davon, weil bei ausschließlicher Anwendung von thierischer Kohle die Schmelze zu schwerflüssig wird. Bei der Auswahl der thierischen Stoffe muß man sich immer nach dem Preise richten, zu welchem man sie beziehen kann, und wird sich dabei derer bedienen, welche sich bei einem möglichst hohen Stickstoffgehalt am billigsten stellen. So enthalten nach Karmrodt:

---

*) Annal. Chem. Pharm. 38; Dingler's polytechn. Journal 82, 346.

**) Dingler's Journal 61, 289; 76, 352; 94, 199; 117, 414.

*) Dingler's Journal 140, 374. 452; 141, 47.

**) Dingler's Journal 146, 294.

***) Annal. Chem. Pharm. 108, 8.

†) Chem. Centralbl. 1858, 934.

††) Handwörterbuch, II. Aufl. II, 2, 184.

†††) Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen von Dr. H. Fleck, Braunschweig 1862.

Horn	15—17	Proc.	Stickstoff.
Getrocknetes Blut	15—17	„	„
Wollene Lumpen	10—16	„	„
Scheerwolle	16—17	„	„
Kälberhaar	15—17	„	„
Borsten	9—10	„	„
Federn	17	„	„
Schlichtspäne von Gerbern	4—5	„	„
Alte Schuhe	6—7	„	„
Hornkohle, je nach der bei der Verkohlung angewandten Temperatur	2—7	„	„
Lumpenkohle	2—12	„	„

Nach Boussingault und Payen:

Horn	14,3	Proc.	Stickstoff.
Muskelfleisch (trocken)	13,4	„	„
Wollene Lumpen	16,0	„	„

Nach Stohmann:

Hornspäne	13,4	Proc.	Stickstoff.
Gepulverte Federn	13,6	„	„
Gepulvertes Leder	7,9	„	„

Da die stickstoffreichsten Stoffe im Handel häufig unverhältnißmäßig theuer bezahlt werden, so kann es unter Umständen weit vortheilhafter sein, mit alten Schuhen u. dergl. zu arbeiten, welche billiger sind; dabei sollte dann aber beim Ankauf stets eine genaue chemische Untersuchung der Rohmaterialien vorgenommen werden.

Die zur Schmelzung dienende Potasche sollte so rein wie möglich sein, deshalb verwendet man gewöhnlich die beste amerikanische Perlasche; nach Hofmann ist es sogar vortheilhaft, sie vorher zu reinigen, weil sich sonst in den Mutterlaugen zu viel fremde Salze anhäufen, die durch sämmtliche Arbeiten hindurchgezogen werden und unnöthige Mühe und Kosten veranlassen. Dem Fabrikanten wird durch die in der rohen Potasche enthaltene Kieselsäure und durch das schwefelsaure Kali manche Schwierigkeit bereitet; es ist daher gewiß von Nutzen, sie vorher zu beseitigen. Bei Anwendung einer gereinigten Potasche dürfte es dann aber sicher zu empfehlen sein, die Thierstoffe vorher schwach zu verkohlen, weil ihr nicht unbedeutender Schwefelgehalt dann ebenfalls entfernt würde, indem dieser zum größten Theil wenigstens mit den ersten Destillationsproducten entweicht.

Außer den thierischen Stoffen und der Potasche fügt man gleich zur Beschickung eine größere oder geringere Menge von Eisen (8 bis 10 Proc. vom Gewicht der Schmelze). Das letztere geht allerdings bei der Schmelzung nicht in die Verbindung ein, da Ferrocyankalium nicht bei Glühhitze bestehen kann, sondern unter Abscheidung von Kohlenstoffeisen und Entweichen von Stickgas in Cyankalium zerlegt wird. Das Eisen hat den Zweck, bei der Schmelzung eine Verbindung von Cyankalium mit Schwefel, das Schwefelcyankalium, zu zersetzen und in Cyankalium und Schwefeleisen zu verwandeln; außerdem zersetzt das Eisen das in der Potasche enthaltene schwefelsaure Kali in Schwefelkalium-Schwefeleisen. Löst man dann die Schmelze in Wasser, so wird das Cyankalium durch das Schwefeleisen in Ferrocyankalium und Schwefelkalium verwandelt. Würde man kein Eisen in die Beschickung bringen, so würde das Schwefelcyankalium und das durch Reduction aus dem schwefelsauren Kali entstandene Schwefelkalium auf die eisernen Schmelzgefäße wirken, das zur Zersetzung nöthige Eisen diesen entnehmen und sie bald zerstören. Ohne einen Zusatz von Eisen werden zollstarke Schmelzgefäße manchmal schon nach 10 bis 12 Schmelzungen durchlöchert, während nach Hofmann in einer eisernen Schale von 30 Ctnr. bei eisenhaltiger Beschickung bis 700 Schmelzungen von je 2 Ctnr. Potasche gemacht werden konnten, — der dann erst unbrauchbar gewordene Apparat wog noch gegen 15 Ctnr. Das anzuwendende Eisen sollte in möglichst fein zertheilter Form sein, damit es in innige Berührung mit den schmelzenden Stoffen kommt; Eisenfeile, Bohr- oder Drehspäne, Hammerschlag eignen sich daher weit besser dazu wie Blechabfälle u. dergl., in manchen Fabriken bedient man sich des Spateisensteins — kohlensaures Eisenoxydul —, welcher durch die Kohle der Schmelze leicht reducirt wird.

Die Heizung der Schmelzkessel geschieht durch Holz, welches möglichst trocken, unter Umständen künstlich ausgetrocknet sein muß, Steinkohle, Torf; am zweckmäßigsten dürfte es sein, wie von Hofmann vorgeschlagen ist, die Brennstoffe in eigenen Generatoren zu vergasen und die Gase zum Heizen zu verwenden. An manchen Orten könnte man vielleicht die Gichtgase der Hohöfen benutzen und diese im Schmelzofen mit einem im großen Maßstabe ausgeführten Deville'schen Gebläse verbrennen.

Die Schmelzung selbst kann nur in eisernen Gefäßen geschehen, weil jedes Mauerwerk durch die alkalische Masse sofort zerstört werden würde. Die Apparate müssen so construirt sein, daß die schmelzende Masse darin nicht mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen kann, indem das Cyankalium sonst diesen absorbiren und sich in cyansaures Kali verwandeln würde. Deshalb wandte man früher allgemein ovale, in schräger Richtung in einem Ofen liegende und nur am einen Ende mit einer verhältnißmäßig kleinen Oeffnung versehene eiserne Retorten, sogenannte Birnen, an, in denen die Potasche geschmolzen wurde und in die die organischen Stoffe dann durch die Oeffnung eingetragen wurden. Die Mischung der Masse geschah entweder durch eiserne Krücken oder durch ein mechanisches Rührwerk*). In neuerer Zeit sind diese Apparate in den meisten Fabriken entweder durch eiserne, von außen zu feuernde Kessel, oder durch flache eiserne Schalen, die in einen Flammofen eingemauert sind, ersetzt. Die letztere Form ist jedenfalls die zweckmäßigste, sobald der Ofen so construirt ist, daß die Schmelze nur mit reducirenden Gasen in Berührung kommt. Man erreicht dieses dadurch, daß der durch eine Brücke vom Schmelzraum getrennte Feuerraum möglichst eng und tief ist, wobei die Luft durch eine hohe Schicht glühenden Brennmaterials passiren muß und dabei ihres Sauerstoffs fast vollständig beraubt wird. Das Gewölbe des Schmelzraums wird so weit auf die Schale herabgezogen, daß nur hinreichend Raum bleibt, um die Beschickung eintragen und bearbeiten zu können. Die Oeffnungen des Ofens wer-

*) Young's Patent. Dingler's polytechn. Journal 91, 378.

den nur dann geöffnet, wenn es durchaus erforderlich ist; vorzüglich die Feuerthür hält man stets geschlossen, damit die Luft gezwungen wird, nur durch den Rost einzuströmen und durch die ganze Menge des glühenden Brennmaterials zu passiren, ehe sie in den Schmelzraum gelangt. Heizt man mit Generatorengasen oder Gichtgasen, so läßt man diese durch ein in der Wölbung angebrachtes Gebläse eintreten. Bei der Schmelzung giebt man dann anfangs möglichst intensive Hitze, indem man den Zustrom von Gasen und atmosphärischer Luft so regulirt, daß die brennbaren Gase gerade oxydirt werden; später beim Eintragen der organischen

Fig. 406.

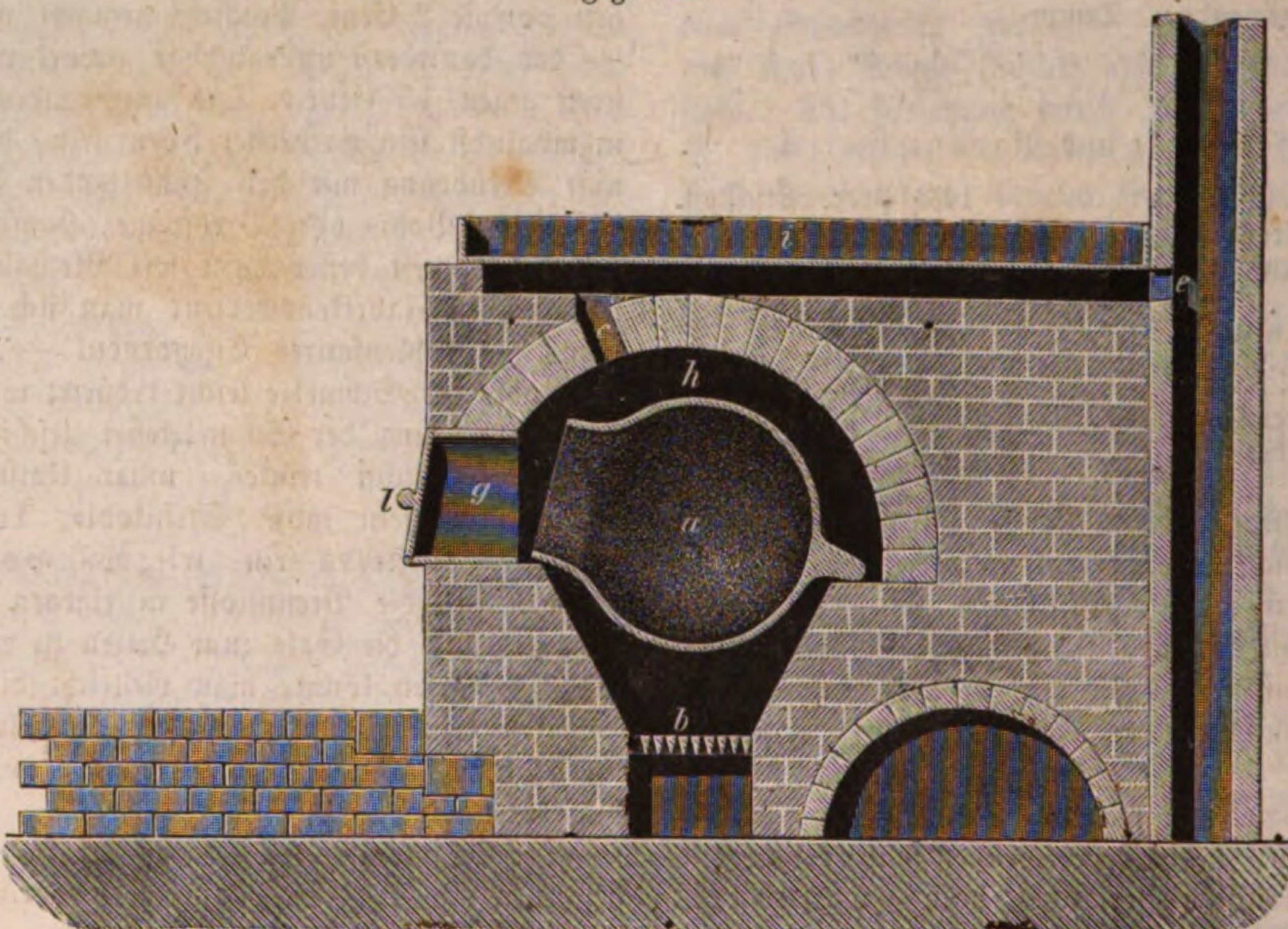
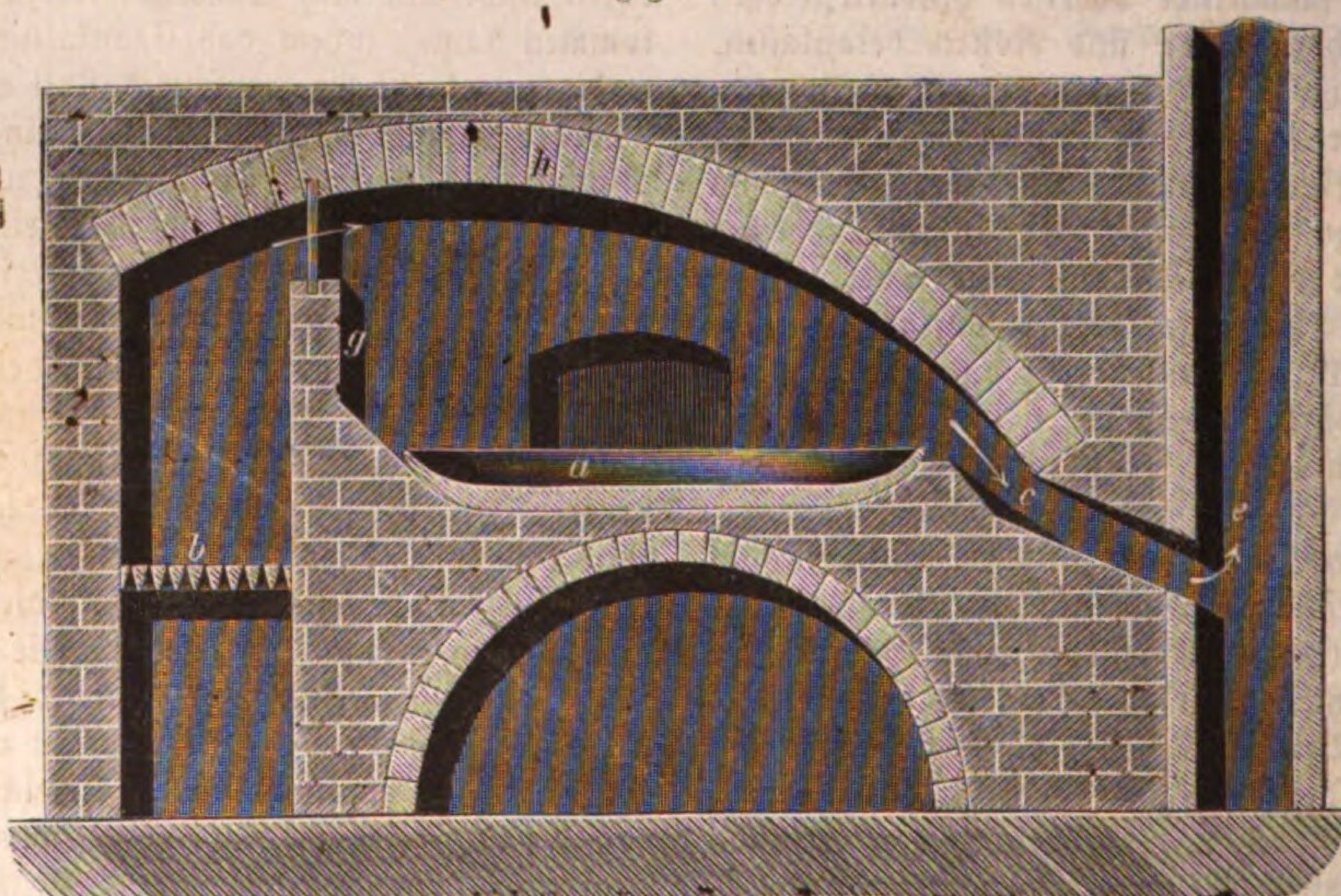


Fig. 407.



Substanz, und bei der Beendigung der Schmelzung läßt man die Kohlenwasserstoffe schwach vorwalten, um jede Oxydation der Schmelze zu vermeiden.

Die Schmelzöfen sind in Fig. 406 und 407 nach Zeichnungen von Fleck dargestellt.

Fig. 406 ist eine Schmelzbirne mit ihrem Ofen im Längsdurchschnitt. *a* ist der Schmelzkessel oder die Birne, der größte verticale Durchmesser desselben beträgt 0,8 Meter, die ganze Länge desselben von der Mitte der vorderen Oeffnung bis zum Boden 1 Meter, das Schwanzende, welches den Kessel trägt und ihn in der schrägen Lage hält, ist 2 Decimeter lang. Der Feuerraum, vom Rost *b* bis zu der Brücke, auf welcher der Schwanz ruht, ist 6 Decimeter hoch. Die Flamme des Brennmaterials umgiebt die ganze Birne und entweicht dann durch die Oeffnung *c* des Gewölbes *h* durch den Fuchs *e* in den

Schornstein, nachdem sie unter der Pfanne *i* circulirt hat. Die mit dem Deckel *l* zu verschließende Oeffnung *g* dient zum Eintragen der Materialien.

Fig. 407 ist ein Flammofen und darin *a* eine sehr massive, gußeiserne 0,1 Meter dicke, 1,8 Meter lange, 1 Meter breite Schale, mit einem etwa 0,1 Meter hohen Rande. *b* ist eine Schachtfeuerung, *g* die Feuerbrücke, *h* das Ofengewölbe und *c* der Fuchs, welcher die Flamme in den Schornstein *e* ableitet.

Die Größe der Beschickung muß natürlich nach den Dimensionen der Apparate regulirt werden; gewöhnlich verarbeitet man gleichzeitig circa 2 bis 5 Ctnr. Potasche und eine entsprechende Menge Thierstoffe, von denen die letzteren mit 6 bis 8 Proc. ihres Gewichts an Eisenfeile, Drehspänen oder dergl. gemischt sind. Bei der Reaction wird nie die Gesammtmenge des kohlensauren Kalis in Cyankalium verwandelt, ein großer Theil desselben bleibt unzersetzt und geht nach der Krystallisation des Blutlaugensalzes in die Mutterlauge. Die letztere wird daher zur Trockne verdampft und der Rückstand — Blaukali — wieder mit in die Arbeit genommen. Man verwendet dann zu der Schmelze 2 Th. von dem Blaukali und 1 Th. Potasche.

Das Gemenge von Potasche und Blaukali wird geschmolzen und dabei die Temperatur bis zur lebhaftesten Rothgluth gesteigert. Sobald diese erreicht ist, trägt man die Thierstoffe in kleinen Mengen nach und nach ein und sorgt durch kräftiges Umrühren mit langen eisernen Krücken dafür, daß sie so rasch als möglich in die geschmolzene Masse eingetaucht werden. Durch die starke Hitze werden die organischen Substanzen sofort zersetzt, es entwickeln sich brennbare Gase, die sich beim Oeffnen des Ofens entzünden und als helle Flamme verbrennen. Ein Theil des Stickstoffs wird dabei in Ammoniak verwandelt, — dieses zersetzt sich in Berührung mit Kohle und dem geschmolzenen Alkali und bildet dabei Cyan. Bei der stürmisch stattfindenden Entwicklung kann die Cyanbildung aus dem Ammoniak aber nur sehr unvollständig sein, da dieses zu kurze Zeit mit der glühenden Masse in Berührung bleiben kann. Durch den Kohlenstoff der organischen Substanz wird das kohlensaure Kali unter Entweichen von Kohlenoxydgas zu Kalium reducirt, welches sich mit dem übrigen Kohlenstoff und Stickstoff zu Cyankalium verbindet. Außerdem wird das in der Potasche stets enthaltene schwefelsaure Kali durch die organische Substanz reducirt und zum Theil in Einfach-, zum Theil in Doppelt-Schwefelkalium verwandelt. Das letztere nimmt beim Schmelzen 1 Aeq. Eisen auf und bildet eine Doppelverbindung von Schwefeleisenkalium. Würde man kein Eisen zugesetzt haben, so würde es von den Schmelzgefäßen genommen werden, wodurch diese rasch zerstört würden.

Es ist schon oben erwähnt worden, daß bei Weitem nicht die Gesammtmenge des Stickstoffs der organischen Substanz sich in der Schmelze wiederfände. Man weiß bis jetzt diesen großen Verlust noch nicht genügend zu erklären, denn die Menge des entweichenden Ammoniaks kann ihn bei Weitem nicht aufwiegen. Es ist höchst wahrscheinlich, daß bei der trocknen Destillation ein Theil des Stickstoffs als solcher, in freier Form, in welcher er keine Verbindung eingeht, ausgeschieden wird, und so für die Fabrikation verloren geht. Es ist dies um so wahrscheinlicher, da in neuerer Zeit nachgewiesen ist (von Reiset), daß die stickstoffhaltigen organischen Substanzen selbst bei der Fäulniß und Verwesung, also bei einem unter weit milderen Umständen stattfindenden Zersetzungsproceß, stets einen nicht unbedeutenden Theil ihres Stickstoffs in inactiver Form ausscheiden und an die Atmosphäre zurückgeben.

Durch das Eintragen der thierischen Stoffe und durch die Bildung der Gase wird die geschmolzene Masse sehr stark abgekühlt, so daß sie allmälig fast erstarrt und bröcklich wird. Man ist dann gezwungen, den Zusatz der stickstoffhaltigen Substanz zu unterbrechen, weil diese sich nicht mehr mit dem Kalisalz mischen lassen würde. Bei verstärktem Feuer kommt die Masse wieder in Fluß, es entweicht dabei in kleinen blauen Flämmchen verbrennendes Kohlenoxydgas und nach und nach vermindert sich auch dieses, bis endlich die Schmelze fast ruhig fließt. In diesem Zeitpunkt wird die Operation unterbrochen, die Schmelze wird mit eisernen Löffeln aus dem Ofen geschöpft, zum Erstarren in flache eiserne Schalen gebracht und der Ofen sofort wieder von Neuem beschickt.

Die fertige Schmelze enthält im Wesentlichen: Cyankalium, unzersetzt gebliebenes kohlensaures Kali, Schwefelkalium, Kohle, metallisches Eisen, fein vertheiltes Schwefeleisen, Schwefeleisenkalium, kieselsaures Kali und Natronsilicate. Bringt man diese Masse mit Wasser in Berührung, so findet zwischen dem Cyankalium und den Eisenverbindungen oder dem metallischen Eisen ein Austausch der Bestandtheile Statt und die Schmelze zerfällt in einen löslichen und einen unlöslichen Theil. Die Lösung — Blutlauge — enthält Ferrocyankalium, kohlensaures Kali, Schwefelkalium, schwefelsaures Kali, kieselsaures Kali, Chlorkalium, von denen das Blutlaugensalz durch Krystallisation getrennt wird, während die übrigen Salze beim Eindampfen der Mutterlauge in das Blaukali übergehen. Der unlösliche Rückstand, Schwärze, Satz, enthält Kohle, metallisches Eisen, Schwefeleisen, unlösliche Kali- und Natronsilicate und außerdem die sämmtlichen unlöslichen Bestandtheile der Aschen der angewandten organischen Substanzen. Die Quantität dieses Rückstandes wird natürlich um so größer sein, je unreiner die Thierstoffe; es wird ein um so größerer Verlust an Kalisalzen stattfinden, je mehr Sand den Substanzen beigemengt war, da diese dann als Silicate in den Satz gehen. Eine eigenthümliche Erscheinung ist es, daß der ganze Natrongehalt der Potasche in unlöslicher Form in den Satz geht, so daß die Blutlauge kein Natron mehr enthält.

Der unlösliche Rückstand betrug nach Karmrodt*) bei Anwendung von:

Horn	18,75	Proc.
Lumpen	28,3	„
Leder	35,10	„

und hatte folgende Zusammensetzung:

	Horn.	Lumpen.	Leder.
Kieselsäure	21,14	29,70	26,45
Kohle	6,10	4,22	9,19
Kali	12,18	16,70	10,22
Kalk	16,20	18,45	19,66

*) Chem. Centralbl. 1857, 858.

	Horn.	Lumpen.	Leder.
Magnesia	2,15	1,27	0,97
Thonerde	4,80	10,24	14,17
Eisenoxyd und metallisches Eisen	16,14	2,12	3,10
Mangan	0,42	0,06	0,72
Kupfer	Spur	0,42	0,02
Schwefelsäure	1,27	0,16	1,85
Phosphorsäure	10,45	6,44	4,92
Schwefel, Chlor, Cyan, Kohlensäure und Verlust	9,15	10,22	8,73

Der Verlust an Kali, durch die nicht zu verwerthenden unlöslichen Massen ist daher sehr beträchtlich. Karmrodt sagt darüber Folgendes:

Wenn täglich 6 Schmelzen zu 500 Pfd. bereitet werden, so beträgt die Summe der Schmelzen in 300 Arbeitstagen 900,000 Pfd. Diese geben im Durchschnitt wenigstens 24 Proc. unlösliche Rückstände = 216000 Pfd. 100 Th. derselben enthalten ungefähr so viel Kali, wie 24 Pfd. kohlensaurem Kali entspricht, also 30240 Pfd. reines kohlensaures Kali."

Die Auslaugung der Schmelzen geschieht in gußeisernen Gefäßen, die zweckmäßig unter sich so in Verbindung stehen, daß die Flüssigkeiten unmittelbar aus dem einen in das andere geleitet werden können, wozu sich der S. 122 Fig. 20 dargestellte Apparat vorzüglich gut eignet. Die in faustgroße Stücke zerschlagenen Schmelzkuchen werden nach dem vollständigen Erkalten mit Wasser übergossen und durch einströmenden Dampf bis auf 60 bis 80° erwärmt. Bei dieser Temperatur erhält man die Masse 12 bis 24 Stunden lang, um die Zersetzung bis zu Ende gehen zu lassen. Der Wasserzusatz wird dabei so eingerichtet, daß man unmittelbar eine Lösung von 20 bis 25° B. erhält. Nachdem der Satz sich am Boden abgelagert hat, zieht man die Lauge ab und verdampft sie in eisernen Pfannen rasch bis zum Krystallisationspunkt (32° B.). Der unlösliche Rückstand wird wieder mit Wasser übergossen, um ihn zu waschen. Die schwache Lauge wird statt des reinen Wassers zum Ausziehen frischer Schmelzmassen verwandt, so daß man stets siedwürdige Laugen erhält.

Die concentrirte Lauge bringt man in eiserne Kessel zum Erkalten, wobei sich ein noch ziemlich unreines Blutlaugensalz — Rohsalz — abscheidet.

Die Mutterlauge wird bis auf 40° B. verdampft und scheidet dann nach dem Erkalten noch eine fernere Masse Salz — Schmiersalz — aus. Die letzte Mutterlauge wird endlich in eisernen Pfannen mit oberschlägigem Feuer zur Trockne verdampft, wobei das Blausalz oder Blaukali zurückbleibt, welches bei der folgenden Operation wieder statt Potasche zu Schmelze genommen wird. Das letztere enthält nach Analysen von Brunquell (1) und Hofmann (2 bis 5):

	1.	2.	3.	4.	5.
Kohlensaures Kali	71,9	71,0	82,4	75,1	44,1
Kieselsaures Kali	11,9	9,5	7,6	8,8	22,8
Schwefelkalium	4,3	1,4	3,8	8,3	8,7
Chlor- und Schwefelcyankalium, phosphorsaures und schwefelsaures Kali	8,2	13,0	7,1	10,1	26,7
Unlösliches	1,6	—	—	—	
Wasser und Verlust	2,1	—	—	—	

Nach Karmrodt:

Kohlensaures Kali	52,75
Kieselsaures Kali	16,57
Schwefelkalium	6,18
Aetzkali	7,22
Blutlaugensalz	2,84
Chlorkalium	1,15
Phosphorsaures Kali	2,04
Schwefelsaures Kali	4,34
Unlösliches	3,86
Organische Substanz, Wasser und Verlust	3,07
	100,00

Die Analyse 1 ist von einmal gebrauchter Potasche von 75 Proc. Gehalt; 2 von Blaukali aus gereinigter Potasche bei gewöhnlichem Fabrikbetrieb; 3 Blausalz von reiner Potasche; 4 Blausalz, wenn zur Schmelze das Blausalz 3 angewandt wurde; 5 Blausalz von unreiner Potasche *); das von Karmrodt analysirte Blausalz wurde bei einem ungefähr 6 Wochen langen Betriebe, in welchem Horn, Lumpen, Leder und Kohle verschmolzen wurden, erhalten.

Aus den Analysen geht hervor, daß das Blausalz mehr und mehr sich mit Unreinigkeiten beladet, je länger es gebraucht wird. Man muß es daher von Zeit zu Zeit ganz entfernen und mit reiner Potasche arbeiten. Eine zweckmäßige Methode zur Abscheidung des kieselsauren Kalis scheint bis jetzt noch nicht bekannt zu sein; wenn dieses gelänge, so würde dasselbe Salz immer wieder von Neuem benutzt werden können. Höchst wahrscheinlich dürfte ein Zusatz von kohlensaurem Kalk beim Eintrocknen der Lauge sich in sofern zweckmäßig erweisen, als dadurch ein unlösliches Kalksilicat gebildet würde, welches beim Auslaugen der Schmelze in den Satz überginge und so beseitigt würde.

Zur Reinigung der Rohproducte löst man zuerst das Schmiersalz in kochendem Wasser bis zur Sättigung. Nach dem Klären der Lauge zieht man diese mit einem Heber in ein Krystallisationsgefäß, wobei sich ein dem Rohsalz in der Qualität ungefähr gleiches Product abscheidet. Die Mutterlauge dient nach Zusatz von etwas Wasser wieder zum Lösen neuer Quantitäten, so lange bis sie durch fremde Salze zu sehr verunreinigt und dann zur Blutlauge gegeben wird.

Das umkrystallisirte Schmiersalz wird mit dem Rohsalz vereinigt und beide zusammen in kochendem Wasser, bis die Lauge 32° B. zeigt, gelöst. Die entweder durch Absetzen geklärte, oder durch leinene Beutel filtrirte Flüssigkeit läßt man in geräumigen eisernen Kesseln möglichst langsam erkalten, um die Ausbildung großer Krystalle zu befördern. Die Krystallisationsgefäße sind deshalb mit einem Mantel von schlechten Wärmeleitern umgeben und werden bedeckt gehalten. In die Flüssigkeit hängt man außerdem Bindfaden, an deren Ende ein kleiner Krystall befestigt ist. Nach 10 bis 12 Tagen ist die Krystallisation beendet, man findet die Wände der Gefäße mit einer starken Kruste wohlausgebildeter Krystalle bekleidet, die Bindfaden sind mit einer runden Krystallmasse bedeckt. Die Krusten werden von den Wänden des Gefäßes abgelöst, die Bindfaden abgeschnitten und

*) Handwörterbuch, II. Aufl. II, 2, 191.

das Salz durch Abspülen mit Wasser von anhängender Mutterlauge befreit. Die Mutterlauge — Reinlauge — kann lange zum wiederholten Auflösen von Rohsalz dienen, zuletzt verwendet man sie zum Lösen des Schmiersalzes oder giebt sie zur Rohlauge.

Außer der beschriebenen Methode, die die allgemein übliche ist, sind noch verschiedene andere Verfahrungsweisen zur Darstellung des Blutlaugensalzes empfohlen worden, die sich aber bis jetzt in der Praxis nicht bewährt haben; wir wollen deshalb nur einige der wesentlichsten davon hier erwähnen.

Turner*) schmilzt 42 Pfd. Potasche mit einem Gemenge von 7 Pfd. Steinkohlen und $3\frac{1}{2}$ Pfd. Rotheisenstein. Sobald die Temperatur hinreichend gestiegen ist, wird ein Gemenge von 7 Pfd. Steinkohlenklein, 7 Pfd. Guano und $3\frac{1}{2}$ Pfd. Theer eingetragen und umgerührt; darauf werden noch 21 Pfd. Guano und 10 bis 11 Pfd. Theer hinzugefügt. Die dabei gewonnene Schmelze soll eben so reich an Cyankalium sein, als eine solche, zu deren Darstellung 84 Pfd. Horn gedient hätten. Der Gehalt des Guanos an phosphorsauren Salzen, sowie der hohe Preis desselben, dürfte dagegen der Anwendung ein Hinderniß sein.

Laming**) leitet Ammoniak durch eine Reihe verschlossener, aber unter sich durch Röhren verbundener Kessel, in denen mit kohlensaurem Kali getränkte Kohle zum Glühen erhitzt wird. Das Ammoniak wird dabei anfangs in Cyanammonium verwandelt, welches in Berührung mit dem glühenden Gemenge von Kali und Kohle in Cyankalium und Ammoniak zerfällt. Das letztere wird dann im zweiten Kessel auf ähnliche Weise zersetzt. Das Ammoniak kann auf irgend eine Weise dargestellt werden, z. B. durch trockne Destillation thierischer Stoffe, aus Gaswasser u. s. w. oder nach Laming, indem man thierische Stoffe, frisches Fleisch, Aas, Eingeweide u. s. w. in kochender Aetzkalilauge löst, die Flüssigkeit zur Trockne verdampft und den Rückstand in einem der Kessel glüht. Beim Erhitzen dieser Masse entweicht ein Theil des Stickstoffs als Ammoniak, welches in Berührung mit der kalihaltigen Kohle in Cyan verwandelt wird, der Rest bildet Cyankalium wie beim gewöhnlichen Verfahren.

Karmrodt***) verkohlt die thierischen Stoffe in einem besonderen Destillationsapparat und leitet die Gase ebenfalls über ein glühendes Gemenge von kohlensaurem Kali und Kohle.

Von größter Wichtigkeit waren die Versuche, das Cyankalium aus dem Stickstoff der Luft darzustellen, die aber bis jetzt in praktischer Hinsicht leider nur negative Resultate gegeben haben, weil die Abnutzung der Gefäße und der Aufwand von Brennmaterial so bedeutend waren, daß man überall wieder davon zurückgekommen ist. Die Möglichkeit der Bildung des Cyankaliums aus dem Stickstoff der Luft ist längst von Fownes, Bunsen, Desfosses, Erdmann und Marchand nachgewiesen. Von Possoz und Bobierre wurde zuerst in der Nähe von Paris, später in Shields bei Newcastle eine Fabrik errichtet, in denen die Darstellung des Blutlaugensalzes eine Zeit lang im größten Maßstabe ausgeführt wurde, indem atmosphärische Luft, deren Sauerstoff durch glühende Kohlen in Kohlensäure und Kohlenoxyd verwandelt war, über ein weißglühendes Gemenge von kohlensaurem Kali und Kohle geleitet wurde. Das Product wurde nach dem Erkalten in Wasser, in dem feingemahlener Spatheisenstein suspendirt war, gebracht und so in Blutlaugensalz verwandelt. Nach mehrjährigen Versuchen und bedeutenden Geldopfern wurde der Betrieb wieder eingestellt. Die näheren Angaben über die Construction der Apparate, Ausführung der Methode, finden sich in der unten zusammengestellten Literatur†).

Das krystallisirte Blutlaugensalz enthält 3 Aeq. Krystallwasser und entspricht daher der Formel $K_2 . Cfy . 3HO$. Es krystallisirt in Quadratoktaedern, deren Kanten und Ecken sehr häufig abgestumpft sind, auch sind Zwillingsbildungen nicht selten. Die Krystalle haben gewöhnlich eine hell citronengelbe Farbe, manchmal sind sie orangefarbig. Letztere Farbe haben sie, nach Nöllner, wenn sie sich in ganz reinen Laugen gebildet haben; sie sind citronengelb, wenn sie aus grünen Laugen, die durch eine lösliche Schwefeleisenkaliumverbindung gefärbt sind, krystallisirten. Nach Nöllner wird das citronenfarbene Salz meist in Fabriken erhalten werden, welche viel unverkohlte Stoffe verarbeiten, das orangefarbene dagegen fast immer nur da, wo alle Stoffe vorher der trocknen Destillation unterworfen und nur die Stickstoffkohle angewandt wurde, wodurch fast der ganze Schwefelgehalt der Rohstoffe in die zuerst übergehenden Destillationsproducte als Schwefelammonium überging. Da aber die Bildung der grünen Verbindung durch hinreichend hohe Temperatur beim Schmelzen, durch Zusatz einer genügenden Menge Eisen oder endlich durch Zusatz einer geringen Menge Kreide zur glühenden Schmelze ganz vermieden werden kann, so hat es der Fabrikant in seiner Gewalt, nur citronengelbes oder orangefarbenes Salz aus ein und derselben Qualität Rohstoff, und selbst ohne Destillation desselben, darzustellen. (Nöllner.)

Das Blutlaugensalz löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 4 Th. Wasser, beim Sieden ist die Hälfte des Wassers hinreichend, um die Lösung zu bewirken. Beim Trocknen bei 100 bis 110° verliert es sein Krystallwasser und verwandelt sich in eine weiße Masse, ohne dabei zu Pulver zu zerfallen. Erhitzt man dann weiter bis zum anfangenden Glühen, so schmilzt es unter Zersetzung, es bildet sich Cyankalium, es entweicht Stickstoff und es scheidet sich Eisen und Kohle ab. Denkt man sich das Ferrocyankalium als Kaliumeisencyanür, so erklärt sich die Zersetzung am einfachsten nach folgender Formel:

$$\underbrace{2\,(KC_2N) + Fe\,C_2N}_{\text{Kaliumeisencyanür.}} = \underbrace{2\,(KC_2N)}_{\text{Cyankalium.}} + \underbrace{Fe}_{\text{Eisen.}} + \underbrace{C_2}_{\text{Kohle.}} + \underbrace{N}_{\text{Stickstoff.}}$$

Durch Behandlung mit siedendem Weingeist kann man aus der geschmolzenen Masse nach dem Erkalten

*) Dingler's Journal 94, 164.
**) Dingler's Journal 102, 157.
***) Dingler's Journal 146, 294 ff.

†) Erdmann's Journ. 26, 412 und 413. Dingler's Journal 95, 240. 295; 103, 424; 104, 446; 107, 439. 444; 120, 77; 121, 286; 129, 111.

das Cyankalium ausziehen. Uebergießt man sie dagegen mit Wasser, so wird das Eisen auf das Cyankalium reagiren und wieder Blutlaugensalz bilden. Da das Blutlaugensalz beim Schmelzen zersetzt wird, ist es unmöglich, daß in der rohen Schmelze bei der Fabrikation sich schon Blutlaugensalz bilde, dieses kann vielmehr erst bei der Behandlung mit Wasser entstehen.

Prüfung des Blutlaugensalzes. Das käufliche Blutlaugensalz enthält häufig sehr bedeutende Mengen von schwefelsaurem Kali; man erkennt dieses daran, daß die Lösung des Salzes mit Chlorbaryum einen weißen in Salzsäure nicht wieder löslichen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt giebt. Quantitativ läßt sich der Gehalt an Ferrocyankalium nach einem von de Haen*) angegebenen Verfahren bestimmen. Es gründet sich darauf, daß eine mit Salzsäure vermischte Lösung von Blutlaugensalz, die also Ferrocyanwasserstoffsäure enthält, eine Lösung von übermangansaurem Kali reducirt und dabei in Ferridcyanwasserstoffsäure übergeht.

Zur Darstellung der Normallösung löst man 20 Grm. chemisch reines Ferrocyankalium in Wasser und verdünnt bis zu einem Liter. 10 C.-C. dieser Lösung werden mit Salzsäure stark angesäuert und in einer weißen Porzellanschale mit Wasser bis auf 200 bis 300 C.-C. verdünnt. Unter stetem Umrühren läßt man dann aus einer Bürette so viel Chamäleonlösung zufließen, bis diese nicht mehr entfärbt wird und die grünlich-gelbe Farbe der Flüssigkeit gerade einen rothen Schein zeigt. Die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter Chamäleonlösung entspricht dann 0,200 Grm. chemisch reinem Blutlaugensalz. Bei der Prüfung von käuflichem Blutlaugensalz verfährt man auf dieselbe Weise. Eine gewogene Menge wird in so viel Wasser gelöst, daß 100 C.-C. Lösung nicht mehr wie 0,010 Grm. Blutlaugensalz enthält, mit Salzsäure versetzt und mit Chamäleon titrirt. Da der Titer des übermangansauren Kalis auf Blutlaugensalz gestellt ist, so giebt eine einfache Rechnung den Procentgehalt.

Dieselbe Methode kann angewandt werden, um den Gehalt der Lauge und die aus der Schmelze zu erwartende Ausbeute zu controliren. Man muß dann aber, nach Hofmann, die fremden Beimischungen, welche ebenfalls reducirend auf das Chamäleon wirken, vorher entfernen. Es geschieht, indem man eine klare Lösung einer gewogenen Menge Substanz mit Salzsäure schwach sauer macht, mit einer Eisenchloridlösung mischt, das gefällte Berlinerblau auf einem Filter auswäscht und dieses endlich mit dem Filter mit verdünnter Kalilauge erwärmt, wodurch das Berlinerblau in Blutlaugensalz und Eisenoxyd verwandelt wird. Das Eisenoxyd wird dann abfiltrirt und gewaschen, das Filtrat titrirt man mit Chamäleon.

Eine ähnliche Methode wurde von Slater**) vorgeschlagen. Sie unterscheidet sich von der vorhergehenden dadurch, daß das übermangansaure Kali unmittelbar zu der heißen, nicht sauren Lösung des Blutlaugensalzes gefügt wird. Da dabei der Farbenübergang durchaus nicht scharf zu beobachten ist, so kann sie auch keine scharfen Resultate geben und ist außerdem wegen des Erwärmens der Flüssigkeit nicht so leicht auszuführen wie die Methode von de Haen.

*) Ann. Chem. Pharm. 90, 160; Mohr's Titrirbuch 1, 210.

**) Chemical Gazette 1855, 315. Dingler's Journal 138, 421.

Ferridcyankalium. Rothes Blutlaugensalz. (Syn. Gmelin'sches Salz, Kaliumeisencyanid, blausaures Eisenoxydkali.) Wenn man 1 Aeq. Chlor auf 2 Aeq. Ferrocyankalium wirken läßt, so wird diesem der vierte Theil seines Kaliums entzogen, die 2 Aeq. Ferrocyan legen sich zu 1 Aeq. eines neuen Körpers, dem Ferridcyan, zusammen und dieses vereint sich mit den 3 Aeq. Kalium zu einem neuen Salz, dem Ferridcyankalium, welches unter dem Namen rothes Blutlaugensalz bekannter ist. Die Gleichung, nach der diese Zersetzung stattfindet, ist schon S. 1433 angeführt. Zur Darstellung dieses Salzes stellt man eine heiße Lösung von Blutlaugensalz dar, von einer Stärke von 12° B. In die Flüssigkeit leitet man Chlorgas, so lange bis eine kleine Probe auf Zusatz einer Lösung eines reinen, völlig oxydulfreien Eisenoxydsalzes keinen blauen Niederschlag, sondern nur eine braune Färbung hervorbringt. Diese Prüfung muß gegen Ende der Operation sehr häufig vorgenommen werden, weil ein Ueberschuß von Chlor das neugebildete Salz weiter zersetzt. Es geschieht am einfachsten, indem man einen Tropfen der Eisenoxydlösung auf einen weißen Teller bringt und nun mit einem Glasstabe einen Tropfen aus dem Gefäß, worin die heiße Flüssigkeit befindlich ist, nimmt und damit die Eisenlösung berührt. Die geringste Spur von unzersetztem Blutlaugensalz erkennt man sofort an dem sich bildenden blauen Niederschlage. Sobald die Zersetzung beendet ist, unterbricht man die Zuleitung des Chlors, bringt die Flüssigkeit in einen kupfernen Kessel und verdampft unter stetem Kochen bis auf 27° B. Durch Zusatz von etwas Kalilauge macht man schwach alkalisch, filtrirt die siedendheiße Lauge durch leinene Spitzbeutel und läßt sie in kupfernen Cylindern von beiläufig 3 Fuß Höhe und 2 Fuß Durchmesser sehr langsam erkalten. Die Ränder der Krystallisirgefäße bestreicht man zweckmäßig mit Fett, da das Salz große Neigung hat, bei längerem Stehen an den Wänden der Gefäße zu effloresciren. Nach 5 bis 6 Tagen gießt man die Mutterlauge ab und findet dann die Wände des Cylinders mit prachtvollen, tief granatrothen, häufig mehrere Zoll langen Krystallen bedeckt. Diese werden losgebrochen, auf einem Steintrichter gesammelt, mit Wasser abgespült und an der Luft oder in sehr schwacher Wärme getrocknet. Die Mutterlauge enthält neben dem Ferridcyankalium noch die Gesammtmenge des Chlorkaliums. Die beiden Salze sind sehr verschieden löslich, das Ferridcyankalium ist schwer, das Chlorkalium sehr leicht löslich. Man kann sie daher auf zwei verschiedene Weisen trennen, indem man entweder von Neuem verdampft und durch Erkalten krystallisiren läßt, wobei sich ein unreineres rothes Blutlaugensalz ausscheidet, oder indem man die Concentration der Lauge so weit fortsetzt, bis nicht allein fast alles Ferridcyankalium aus der siedenden Flüssigkeit niedergefallen ist, sondern auch das Chlorkalium sich ausscheidet. Das nach der letzten Methode erhaltene

Gemenge von rothem Blutlaugensalz und Chlorkalium befreit man von letzterem, indem man es mit wenig Wasser wäscht, worin sich das Chlorkalium vollständig, das andere Salz aber nur wenig löst. Durch Umkrystallisation kann man es dann chemisch rein erhalten. Die letzten Mutterlaugen, sowie die Waschwasser verarbeitet man am besten auf blaue Farbe.

Für technische Zwecke bereitet man das rothe Blutlaugensalz sehr häufig auf trocknem Wege, indem man das Ferrocyankalium in feines Pulver verwandelt und es in dünnen Schichten der Einwirkung des Chlorgases aussetzt. Das Chlor wird dabei absorbirt und verwandelt das Ferrocyankalium in Ferridcyankalium, dem dann aber das Chlorkalium beigemengt bleibt. Die Einwirkung des Chlors unterbricht man erst dann, wenn eine von mehreren Stellen des Apparats genommene Probe nach dem Lösen in Wasser keine Reaction mit Eisenoxydsalzen mehr zeigt. Im Handel bezeichnet man dieses Präparat gewöhnlich mit dem Namen Blaupulver.

Eine andere Methode zur Verwandlung des gelben Blutlaugensalzes in das rothe wurde von Schönbein*) empfohlen. Sie gründet sich darauf, daß das Ferrocyankalium ebenso wie durch Chlor auch durch Sauerstoff in Ferridcyankalium verwandelt werden kann. Eine Lösung von Blutlaugensalz wird zum Sieden erhitzt und allmälig mit Wismuthsuperoxyd oder Bleisuperoxyd vermischt. Die Superoxyde geben die Hälfte ihres Sauerstoffs leicht ab und dieser verbindet sich mit dem Kalium zu Kali. Da das freie Kali beim Sieden das Ferridcyankalium aber unter Entwicklung von Sauerstoff wieder in Ferrocyankalium verwandelt, so leitet man während des Siedens Kohlensäure ein, die das Kali in kohlensaures Salz verwandelt. Da das letztere noch leichter löslich ist wie das Chlorkalium, so läßt sich die Reinigung des Salzes noch leichter ausführen, als bei der gewöhnlichen Methode. Das zurückbleibende Wismuthoxyd oder kohlensaure Bleioxyd geht nicht verloren, sondern kann durch Behandlung mit Chlorkalklösung leicht wieder in Superoxyd verwandelt werden. (Vergl. S. 975.) Man erhält auf diese Weise, nach Schönbein, aus 100 Th. gelbem 74 bis 75 Th. rothes Salz, während die gewöhnliche Methode nicht mehr wie 60 Th. giebt.

Nach Böttger**) ist das Einleiten von Kohlensäure während des Kochens nicht erforderlich. Erhält man eine durch Aetzkali stark alkalisch gemachte Auflösung von gelbem Blutlaugensalz, unter Zusatz einer entsprechenden Menge von Bleisuperoxyd, einige Zeit im Sieden, so gewinnt man aus der dunkelgelb gefärbten Flüssigkeit beim gehörigen Abdampfen und Hinstellen in ganz kurzer Zeit sehr schöne rothe Krystalle von Ferridcyankalium, die man, um sie vollkommen rein zu erhalten, nur ein einziges Mal umzukrystallisiren braucht. Auch unter Mitanwendung von doppelt kohlensaurem Kali, statt des Aetzkalis, sieht man das Ferrocyankalium theilweise in Ferridcyankalium übergehen.

*) Dingler's Journ. 146, 155.
**) Dingler's Journ. 151, 430.

Wahrscheinlich wird in diesem Falle die Zersetzung des rothen Salzes durch einen Ueberschuß von Superoxyd verhindert und die Böttger'sche Beobachtung ist auch nur dann zu erklären, wenn eine Massenwirkung des Superoxyds dabei stattfindet, denn nach de Haen*) wird das Ferridcyankalium durch Kochen mit Aetzkali und Bleioxyd sofort zersetzt, indem sich Ferrocyankalium und Bleisuperoxyd bildet, — von allen Methoden, die angewandt werden können, um das Ferridcyankalium zu reduciren, giebt keine so gute Resultate, wie die des Erhitzens mit Bleioxyd und Kalilauge.

Das krystallisirte Ferridcyankalium ist wasserfrei. Nach Wallace**) lösen:

			Spec. Gew. der Lösung.
100 Th. Wasser	33 Th. Salz bei	4,44°	1,151
100 „ „	36 „ „ „	10°	1,164
100 „ „	40,8 „ „ „	15,5°	1,178
100 „ „	58,8 „ „ „	37,8°	1,225
100 „ „	77,5 „ „ „	100°	1,250
100 „ „	82,6 „ „ „	104,4°	1,265

In Alkohol ist es etwas löslich, aus der wäßrigen Lösung wird es aber durch Alkohol gefällt. Die Lösungen werden durch den Einfluß des Sonnenlichtes allmälig zersetzt, indem sich Blutlaugensalz bildet und ein grüner Niederschlag sich abscheidet. Beim Erhitzen wird es zerstört. In alkalischer Lösung oxydirt es organische Substanzen sehr energisch und wird aus diesem Grunde beim Zeugdruck als Enlevage gebraucht, um gewisse Farben örtlich zu zerstören.

Bei dem sehr verschiedenen Gehalt des käuflichen Ferridcyankaliums ist es von großer Wichtigkeit, leicht seinen Werth ermitteln zu können. Es sind dazu verschiedene Methoden empfohlen. Liesching***) benutzt die Zersetzung der Schwefelmetalle durch das Ferridcyankalium. Bringt man 1 Aeq. Fünffach-Schwefelarsennatrium mit 6 Aeq. Ferridcyankalium und 3 Aeq. Natron zusammen, so entstehen 12 Aeq. Blutlaugensalz und 1 Aeq. arsenige Säure, während der Schwefel abgeschieden wird; 100 Th. rothes Blutlaugensalz würden demnach 20 Th. krystallisirtes Fünffach-Schwefelarsen-Schwefelnatrium erfordern. Zur Ausführung der Probe löst Liesching 10 Grm. rothes Blutlaugensalz in 100 C.-C. Wasser und andererseits 2 Grm. des krystallisirten Schwefelarsen-Schwefelnatriums in 400 C.-C. Wasser, so daß jeder Cubikcentimeter der Arsenlösung 0,025 Grm. oder 0,25 Proc. rothem Blutlaugensalz entspricht. Gießt man die Arsenlösung in die Ferridcyanlösung, so wird die Farbe derselben zerstört und zuletzt erscheint der ausgeschiedene Schwefel fast weiß. Das Ende der Reaction erkennt man daran, daß ein Tropfen eines Cochenilleabsuds nicht mehr entfärbt wird, man muß deshalb häufig einen Tropfen der Flüssigkeit herausnehmen und ihn prüfen. Sobald die Cochenillelösung ihre rothe Farbe behält, ist man sicher, alles Ferridcyankalium zersetzt zu haben, es kann aber auch sehr leicht schon im Ueberschuß der Arsenlösung zugegen sein, wodurch die Methode ungenau wird.

*) Annal. Chem. Pharm. 90, 162.
**) Dingler's Journ. 142, 52.
***) Liebig's und Kopp's Jahresber. 1853, 681.

Nach de Haen wird das Ferridcyankalium durch Kochen mit Bleioxyd und Aetzkali in Ferrocyankalium verwandelt und dieses mit Chamäleon bestimmt (S. 1459):

$$\underbrace{3K.2Cfy}_{\text{Ferridcyankalium.}} + \underbrace{PbO}_{\text{Bleioxyd.}} + \underbrace{KO}_{\text{Kali.}} = \underbrace{2(K_2.Cfy)}_{\text{Ferrocyankalium.}} + \underbrace{PbO_2}_{\text{Bleisuperoxyd.}}$$

Man verdünnt eine Lösung von 5 Grm. des rothen Salzes zu 250 C.-C., mißt 10 C.-C. davon ab, fügt 5 bis 8 C.-C. concentrirte Kalilauge zu, erhitzt fast zum Kochen und trägt dann 0,4 bis 0,5 Grm. feingeriebenes Bleioxyd ein. Es färbt sich dieses, indem es theilweis in Superoxyd übergeht, sogleich braun. Schon nach kurzer Zeit ist die Reduction beendigt; die Veränderung der Farbe der Lösung läßt darüber nicht in Zweifel. Man verdünnt jetzt den Inhalt der Schale mit Wasser, filtrirt, wäscht aus, verdünnt soweit mit Wasser, daß das Volum ungefähr 250 C.-C. beträgt, macht mit Salzsäure sauer und fügt nun so viel Chamäleonlösung hinzu, bis die rothe Färbung der Lösung eintritt. Da man den Titer des Chamäleons nach krystallisirtem gelbem Blutlaugensalz gestellt hat, so ergiebt eine einfache Rechnung den Gehalt an Ferridcyankalium. 2 Aeq. oder 422,8 Th. krystallisirtes Ferrocyankalium entsprechen 1 Aeq. oder 329,6 Th. Ferridcyankalium. Nach Mohr*) kann man diese Methode vereinfachen, indem man die stark alkalisch gemachte Lösung des Ferridcyankaliums zum Sieden erhitzt und so lange eine Eisenvitriollösung zutropft, bis der anfangs gelbe Niederschlag von Eisenoxydhydrat sich durch Bildung von Eisenoxydoxydul schwarz färbt. Man verdünnt zu 300 C.-C., filtrirt 100 C.-C. davon ab und titrirt nach dem Ansäuern mit Chamäleon.

Nach Lensen**) zersetzt man das Ferridcyankalium durch Jodkalium und Salzsäure, wobei die Ferridcyanwasserstoffsäure und die Jodwasserstoffsäure sich in Ferrocyanwasserstoffsäure und freies Jod zerlegen:

$$\underbrace{3H.2Cfy}_{\text{Ferridcyanwasserstoffsäure.}} + \underbrace{HJ}_{\text{Jodwasserstoffsäure.}} = \underbrace{2(2H.Cfy)}_{\text{Ferrocyanwasserstoffsäure.}} + \underbrace{J}_{\text{Jod.}}$$

1 Aeq. oder 126 Th. Jod entsprechen dann 1 Aeq. oder 329,6 Th. Ferridcyankalium. Die Zersetzung muß in concentrirten Flüssigkeiten vorgenommen werden, weil bei Gegenwart von viel Wasser die beiden Säuren unverändert neben einander bestehen können; man verdünnt daher erst nach dem Zusatz der Salzsäure. Das ausgeschiedene Jod wird nach Bunsen's Methode mit schwefliger Säure gemessen.

Die Genauigkeit dieser Methode kann sehr beeinträchtigt werden, indem das freie Jod rückwärts auf das gebildete Ferrocyankalium wirkt. C. Mohr***) führte daher die Verbesserung ein, daß er die mit Salzsäure versetzte, verdünnte Lösung des Ferridcyankaliums nach dem Zusatz von Jodkalium mit einer Lösung von Zinkvitriol vermischt, wodurch unlösliches Ferrocyanzink abgeschieden wird. Nachdem der Niederschlag sich gebildet hat, neutralisirt man die freie Säure mit einer Lösung von zweifach kohlensaurem Natron und mißt das freie Jod mit einer alkalischen Lösung von unterschwefligsaurem Natron oder arsenigsaurem Natron.

*) Titrirbuch 1, 214.
**) Annal. Chem. Pharm. 91, 240.
***) Annal. Chem. Pharm. 105, 62; Titrirbuch 2, 120.

Cyankalium. Wenngleich der Darstellung des Ferrocyankaliums die des Cyankaliums vorausgeht, so kann man dieses Salz doch nicht unmittelbar aus der Schmelze darstellen, weil sein chemisches Verhalten die Trennung desselben von den fremden Stoffen unmöglich macht. Man ist daher gezwungen, es durch Zersetzung des Ferrocyankaliums darzustellen. Es ist schon oben erwähnt (S. 1458), daß das gelbe Blutlaugensalz, nachdem es durch gelindes Erhitzen von seinem Krystallwasser befreit ist, bei schwacher Rothgluth in Cyankalium, Eisen, Kohle und entweichendes Stickgas zersetzt wird. Der dritte Theil des Cyans geht daher stets verloren. Um dieses zu vermeiden, schlug Liebig vor, beim Erhitzen dem Blutlaugensalz kohlensaures Kali zuzufügen, dessen Kohlensäure entweicht und dessen Kali sich mit dem Cyan verbindet und Cyankalium und cyansaures Kali bildet, wie aus folgender Gleichung, in der eine empirische Formel für das Ferrocyankalium angenommen ist, hervorgeht:

$$\underbrace{2(K_2FeCy_3)}_{\text{Ferrocyankalium.}} + \underbrace{2KO.CO_2}_{\text{Kohlensaures Kali.}} = \underbrace{5KCy}_{\text{Cyankalium.}} + \underbrace{KO.CyO}_{\text{Cyansaures Kali.}}$$
$$+ \underbrace{2CO_2}_{\text{Kohlensäure.}} + \underbrace{2Fe}_{\text{Eisen.}}$$

Der geringe Gehalt an cyansaurem Kali schadet bei den meisten Verwendungen des Salzes nicht, man kann daher wenigstens für alle technischen Zwecke die Ausbeute durch den Zusatz einer bestimmten Menge von kohlensaurem Kali zum Blutlaugensalz bedeutend steigern. Bei der Bereitung pulvert man das Blutlaugensalz zuerst gröblich und erhitzt es in einem eisernen Kessel, statt dessen man bei der Bereitung in kleinerem Maßstabe vortheilhaft eine gewöhnliche Bratpfanne anwenden kann, über freiem Feuer, unter stetem Umrühren so lange, bis das Salz ganz weiß geworden und alles Krystallwasser entwichen ist. 8 Th. des so getrockneten Salzes werden nun mit 3 Th. vorher schwach geglühter, gereinigter Potasche gemengt und in einen Tiegel von Gußeisen gebracht, der an der einen Seite mit einem Ausguß versehen ist und durch einen eisernen Deckel verschlossen werden kann. Den so beschickten Tiegel stellt man in einen Windofen und umgiebt ihn mit glühenden Kohlen. Allmälig kommt der Inhalt zum Schmelzen, färbt sich von dem ausgeschiedenen Eisen schwarz, wobei Kohlensäure entweicht. Nach und nach nimmt die Gasentwickelung ab, die Masse kommt in ruhigen Fluß, das fein vertheilte Eisen setzt sich zu Boden. Man taucht nun einen vorher erwärmten Glasstab in die geschmolzene Masse, zeigt sich diese nach dem Erkalten ganz weiß und frei von schwarzen Flecken, so hebt man den Tiegel mit einer Zange aus dem Feuer, stößt ihn einige Male sanft auf den Boden, um die am Boden abgelagerte schwammförmige Masse von metallischem Eisen etwas zu verdichten, und läßt so weit erkalten, bis die Oberfläche die ersten Zeichen des Erstarrens zeigt, dann gießt man das geschmolzene Salz vorsichtig von dem Bodensatz ab, in einen blank gescheuerten eisernen Kasten oder in eine mit

Rillen versehene eiserne Form, in der das Salz dann zu flachen Stangen erstarrt.

Nach Wagner *) kann man das kohlensaure Kali durch kohlensaures Natron ersetzen, wodurch die Masse leichter schmelzbar werden soll. Das Cyankalium enthält dann eine entsprechende Menge Cyannatrium und cyansaures Natron beigemischt, die seiner Anwendung aber nicht im geringsten schaden.

Will man die Beimischung von cyansaurem Salz vermeiden und ein chemisch reines Salz darstellen, so schmilzt man das vorher entwässerte Blutlaugensalz für sich, wobei man dann allerdings den dritten Theil des Cyans verliert; im Uebrigen verfährt man aber ganz wie bei der Liebig'schen Methode.

Der Rückstand im Tiegel, von dem man das geschmolzene Salz abgegossen hat, ist in einem Fall metallisches Eisen, im anderen Eisen mit Kohle gemischt. Da es aber nicht möglich ist, das Salz vollständig abzugießen, so bleiben diese Massen am Boden des Tiegels mit Cyankalium durchdrungen zurück. Um dieses zu verwerthen, sticht man die noch heiße schwarze Substanz mit einem eisernen Spatel aus dem Tiegel heraus, übergießt sie nach dem Erkalten mit Wasser, fügt noch etwas fein gepulvertes Schwefeleisen hinzu und erhitzt im eisernen Kessel zum Kochen, wobei das Cyankalium wieder in Blutlaugensalz verwandelt wird. Aus der filtrirten Lauge scheidet sich dann nach dem Erkalten ein sehr reines Blutlaugensalz aus, welches wieder auf Cyankalium verarbeitet werden kann.

Auf nassem Wege kann man das Cyankalium sehr leicht chemisch rein erhalten, indem man 1 Th. Kalihydrat in 3 bis 4 Th. Alkohol von 90 Proc. löst und in dieses Dämpfe von Blausäure leitet, die aus 2 Th. Blutlaugensalz durch nicht zu verdünnte Schwefelsäure entwickelt werden. In dem Maße, wie die Blausäure von dem Kalihydrat absorbirt wird, scheidet sich das Cyankalium in kleinen, in Alkohol schwer löslichen Krystallen aus, die auf einem Filter gesammelt, mit starkem Alkohol gewaschen und auf Fließpapier rasch getrocknet werden.

Das Cyankalium ist in Wasser leicht, in starkem Alkohol sehr schwer löslich. Es löst sich beim Erwärmen ziemlich reichlich in Alkohol von 50 Proc. und scheidet sich nach dem Erkalten aus diesem in Krystallen aus. In wäßriger Lösung oder in Berührung mit feuchter Luft zersetzt es sich sehr leicht, indem es Kohlensäure absorbirt und Blausäure entwickelt. Alle, selbst die schwächsten Säuren zersetzen es und machen Blausäure frei. Es ist daher eines der gefährlichsten Gifte. Beim Erwärmen der wäßrigen Lösung wird es augenblicklich zersetzt, indem sich Ammoniak entwickelt und ameisensaures Kali gebildet wird, denn:

$$\underbrace{KC_2N}_{\text{Cyankalium}} + \underbrace{4HO}_{\text{Wasser}} = \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak}} + \underbrace{KO.C_2HO_3}_{\text{Ameisensaures Kali}}$$

Enthält das Cyankalium cyansaures Kali, so wird auch dieses beim Erwärmen mit Wasser zersetzt, indem kohlensaures Kali entsteht und Ammoniak und Kohlensäure entweicht:

$$\underbrace{KO.C_2NO}_{\text{Cyansaures Kali}} + \underbrace{3HO}_{\text{Wasser}} = \underbrace{KO.CO_2}_{\text{Kohlensaures Kali}} + \underbrace{CO_2}_{\text{Kohlensäure}} + \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak}}$$

Der Gehalt eines käuflichen Cyankaliums läßt sich am leichtesten nach der von Liebig *) zur Bestimmung der Blausäure angegebenen Methode nachweisen. Man wendet dazu eine Lösung von salpetersaurem Silber an, die 1/10 At. Silber, in Grammen ausgedrückt, im Liter enthält, so entspricht jeder verbrauchte Cubikcentimeter der Silberlösung 0,01304 Grm. Cyankalium. Man löst eine gewogene Menge des zu prüfenden Cyankaliums in kaltem Wasser, macht die Flüssigkeit durch Zusatz von Kali stark alkalisch und läßt nun unter stetem Umrühren so viel von der Silberlösung aus einer Bürette zufließen, bis der zuerst entstehende Niederschlag sich nicht mehr löst, sondern eine bleibende Trübung entsteht. Die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter der Silberlösung mit 0,01304 multiplicirt, giebt den Gehalt an Cyankalium. Diese Methode gründet sich darauf, daß Cyankalium durch salpetersaures Silber zersetzt wird, es bildet sich Cyansilber und salpetersaures Kali. Das Cyansilber verbindet sich mit dem noch unzersetzten Cyankalium zu einem löslichen Doppelsalz, es wird also kein Cyansilber ausgeschieden, so lange noch auf 1 Aeq. Cyansilber 1 Aeq. Cyankalium unzersetzt bleibt. In dem Augenblick, wo mehr Silber zugesetzt wird, entsteht sofort eine Trübung, da jedes Aequivalent Silber dann 2 Aeq. Cyansilber fällt. In diesem Augenblick unterbricht man die Operation, da dieses andeutet, daß genau die Hälfte des Cyankaliums zersetzt ist. 1 Aeq. des verbrauchten Silbers entspricht daher 2 Aeq. Cyan.

Berlinerblau. Mit diesem Namen bezeichnet man die schönen blauen Farben, die beim Vermischen von löslichen Ferrocyan- oder Ferridcyansalzen mit Eisensalzen entstehen. Ihre Constitution ist nach dem in der Einleitung zu diesem Artikel (S. 1434 ff.) Gesagten im Wesentlichen erklärt. Ferrocyankalium giebt mit Eisenoxydulsalzen einen weißen Niederschlag von Eisenferrocyanür mit Ferrocyankalium verbunden. Läßt man den Sauerstoff der Luft oder oxydirende Mittel, z. B. Chlor oder Salpetersäure, darauf wirken, so wird zuerst das Kalium des Ferrocyankaliums aufgenommen, dann wird so viel vom Eisen gelöst, bis sich die Verbindung in Eisenferrocyanid verwandelt hat. Direct entsteht der letztere Körper auch, indem man Ferrocyankalium mit Eisenoxydsalzen präcipitirt. Das Eisenferridcyanür bildet sich beim Vermischen von Ferridcyankalium mit Eisenoxydulsalzen. Außer diesen sind noch eine Reihe anderer Verbindungen bekannt, die ebenfalls die schöne blaue Farbe haben und daher auch gewöhnlich als Berlinerblau bezeichnet werden, sie unterscheiden sich im Wesentlichen dadurch von den anderen, daß darin ein Theil des Eisens durch Kalium vertreten ist; das zweibasische Ferrocyan ist darin z. B. mit 1 Aeq. Eisen und 1 Aeq. Kalium oder mit 1 1/2 Aeq. Eisen und 1/2 Aeq. Kalium u. s. w. verbunden. Die letzteren haben zu wenig technisches Interesse, als daß wir sie hier näher

*) Dingler's Journ. 124, 446.

*) Annal. Chem. Pharm. 77, 102.

zu betrachten brauchten. Die sämmtlichen Berlinerblaue sind wasserhaltig, ein Theil ihres Hydratwassers entweicht bei 100°, ein anderer Theil bei ungefähr 180°, den Rest geben sie erst bei der Temperatur ab, bei der sie selbst zerstört werden.

Im Handel unterscheidet man drei Hauptarten des Eisenferrocyanids. Im chemisch reinen Zustande nennt man es Pariserblau; mit mehr oder weniger Thonerdehydrat, Stärkemehl oder anderen Stoffen vermischt, bezeichnet man es als Berlinerblau; endlich die durch einen Zusatz von größeren Mengen Schwerspath, Kreide, Thon, Stärke dargestellten helleren Nüancen werden Mineralblau genannt.

Das Pariserblau unterscheidet sich vom Berlinerblau dadurch, daß ersteres im trocknen Zustande auf dem Bruch, oder auch in dünnen Schichten getrocknet einen schönen kupfrigen Metallglanz zeigt, ähnlich wie Indigo, während das Berlinerblau rein blau erscheint. Das Mineralblau ist durch fremde Zusätze so weit verdünnt, daß sein Farbenton schon nicht mehr das intensive Blau des Ultramarins zeigt.

Zur Darstellung der feinsten Sorte des Pariserblaus vermischt man eine Lösung von chemisch reinem Blutlaugensalz mit so viel salpetersaurem Eisenoxyd, bis das letztere schwach vorwaltend ist, was man daran erkennt, daß eine kleine Probe der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit auf Zusatz einer ferneren Menge des Eisensalzes nicht mehr getrübt wird. Für die gewöhnlichen Sorten fällt man mit Eisenvitriol, bis dieser ebenfalls schwach vorwaltet, übergießt den weißen oder hellblauen Niederschlag mit Salzsäure und fügt dann so viel von einer klar filtrirten Chlorkalklösung hinzu, bis der Niederschlag die gewünschte tiefblaue Farbe erlangt hat. So löst man, nach Hochstetter, 6 Th. Blutlaugensalz in 15 Th. Wasser, außerdem 6 Th. Eisenvitriol in ebenso viel Wasser und vermischt beide Lösungen. Zu dem hellblauen Niederschlag fügt man 24 Th. concentrirte Salzsäure und 1 Th. Schwefelsäure und gießt dann so viel von einer Lösung von Chlorkalk in 80 Th. Wasser hinzu, bis die Flüssigkeit nach Chlor riecht. Nach Gentele fällt man 109 Th. Blutlaugensalz mit 80 Th. Eisenvitriol, nachdem beide in ziemlich viel Wasser gelöst sind. Einige Tage darauf zieht man die Flüssigkeit mit einem Heber ab, erhitzt den Niederschlag einige Minuten lang mit 51 Th. Salpetersäure von 27° B., giebt 16 Th. Vitriolöl hinzu und läßt einige Tage lang stehen, ehe man auswäscht. Läßt man den durch Eisenvitriol entstandenen Niederschlag einige Zeit mit der Luft in Berührung, so färbt er sich ebenfalls blau, er hat aber dann die Eigenschaft, sich beim Auswaschen, nachdem die Kalisalze entfernt sind, in Wasser zu lösen, — lösliches Berlinerblau.

Bei der Fabrikation der besseren Sorten Pariserblau bedient man sich nicht wie bei der Darstellung im Kleinen des salpetersauren Eisenoxyds, sondern man fällt Eisenvitriol mit Blutlaugensalz, wobei jedoch stets immer ein Ueberschuß von Eisenvitriol bleiben muß, und verwandelt dann den Niederschlag von Ferrocyaneisenkalium durch Behandlung mit Salpetersäure und Schwefelsäure in Eisenferrocyanid. Es treten dabei folgende Processe ein:

Ferrocyankalium zersetzt sich mit schwefelsaurem Eisenoxydul, indem 1 At. Kalium des Blutlaugensalzes durch 1 At. Eisen ersetzt wird, wobei sich Ferrocyaneisenkalium und schwefelsaures Kali bilden:

$$1)\quad \underbrace{\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}Cfy}_{\text{Ferrocyankalium.}} + \underbrace{FeO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Eisenoxydul.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}K\\Fe\end{matrix}\right\}Cfy}_{\text{Ferrocyan-Eisenkalium.}} + \underbrace{KO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Kali.}}$$

Unter dem Einfluß von 3 At. Sauerstoff, die durch Zersetzung der Salpetersäure gebildet werden, entstehen dann aus 6 At. Ferrocyaneisenkalium: 1 At. Eisenferrocyanid (Pariserblau), 3 At. Ferrocyankalium (Blutlaugensalz) und 1 At. Eisenoxyd:

$$2)\quad \underbrace{6\left.\begin{matrix}K\\Fe\end{matrix}\right\}Cfy}_{\text{Ferrocyaneisenkalium.}} + \underbrace{3\,O}_{\text{Sauerstoff.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}Fe_2\\Fe_2\end{matrix}\right\}Cfy_3}_{\text{Eisenferrocyanid.}} + \underbrace{3\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}Cfy}_{\text{Ferrocyankalium.}} + \underbrace{Fe_2O_3}_{\text{Eisenoxyd.}}$$

Das abgeschiedene Eisenoxyd wird sofort durch die freie Salpetersäure oder Schwefelsäure gelöst und zersetzt sich mit dem neugebildeten Ferrocyankalium zu Eisenferrocyanid und schwefelsaurem Kali. Zur Zersetzung von 3 At. Ferrocyankalium, welche wir hier haben, sind aber 2 At. Eisenoxydsalz erforderlich, wenn nicht die Hälfte des Blutlaugensalzes verloren gehen soll:

$$3)\quad \underbrace{3\,K_2Cfy}_{\text{Ferrocyankalium.}} + \underbrace{2(Fe_2O_3.3\,SO_3)}_{\text{Schwefelsaures Eisenoxyd.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}Fe_2\\Fe_2\end{matrix}\right\}Cfy_3}_{\text{Eisenferrocyanid.}} + \underbrace{6\,KO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Kali.}}$$

Will man daher das Blutlaugensalz vollständig ausnutzen, so muß man auf je 6 At. des weißen Niederschlages von Ferrocyaneisenkalium noch 2 At. Eisenvitriol und so viel Salpetersäure zugeben, daß diese in Oxydsalz verwandelt werden können. Dann verändert sich die Gleichung 2) folgendermaßen:

$$4)\quad \underbrace{6\left.\begin{matrix}K\\Fe\end{matrix}\right\}Cfy}_{\text{Ferrocyaneisenkalium.}} + \underbrace{2\,FeO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Eisenoxydul.}} + \underbrace{4\,O}_{\text{Sauerstoff.}} + \underbrace{4\,HO.SO_3}_{\text{Schwefelsäure.}}$$
$$= \underbrace{2\left(\left.\begin{matrix}Fe_2\\Fe_2\end{matrix}\right\}Cfy_3\right)}_{\text{Eisenferrocyanid.}} + \underbrace{6\,KO.SO_3}_{\text{Schwefelsaures Kali.}}$$

Um daher 1 At. Berlinerblau darzustellen, muß zunächst 3 At. Blutlaugensalz mit 3 At. Eisenvitriol in Wechselwirkung treten und der entstandene Niederschlag mit 1 At. Eisenvitriol, 1 At. Salpetersäure (denn diese giebt 2 At. Sauerstoff ab) und 2 At. Schwefelsäure in Wechselwirkung treten.

Das Atomgewicht des krystallisirten Blutlaugensalzes ist 211,4, das des krystallisirten Eisenvitriols 139, das der Salpetersäure $HONO_5$ 63, das der Schwefelsäure 49. Man hat daher zunächst zu lösen $3 \times 139 = 417$ Th. Eisenvitriol und diese mit $3 \times 211{,}4 = 634{,}2$ Th. Blutlaugensalz zu fällen. Der Niederschlag wird gesammelt, auf einem Filter von dem größten Theil der anhängenden Flüssigkeit befreit und ist dann mit einer Lösung von 139 Th. Eisenvitrtol, $2 \times 49 = 98$ Th. Schwefelsäure und 63 Th. Salpetersäure so lange zu erhitzen, bis er die gewünschte tiefblaue Farbe angenommen hat und keine rothen Dämpfe mehr entweichen. Statt der höchst concentrirten Salpetersäure und Schwefelsäure kann man natürlich beliebig verdünntere Säuren

anwenden, man muß dann nur ihren Gehalt an wirklicher Säure berücksichtigen und diesem entsprechend mehr davon anwenden. Die Gehalte solcher Säuren sind in Tabellen in den entsprechenden Artikeln angegeben.

Die Erhitzung des Niederschlages mit den Säuren geschieht am zweckmäßigsten in hölzernen Bottichen durch direct einströmenden Dampf.

Das gewöhnliche Berlinerblau wird meist aus dem Rohsalz oder Schmiersalz der Blutlaugensalzfabriken dargestellt, bei der Präcipitation verwendet man dann eine Lösung von Eisenvitriol, der mehr oder weniger Alaun zugesetzt ist. Die Schwefelsäure des Alauns neutralisirt das dem rohen Blutlaugensalz stets in bedeutender Menge anhängende kohlensaure Kali, wobei dann die Thonerde des Alauns ausgeschieden und dem Niederschlag von Berlinerblau beigemischt wird. Diesen Niederschlag darf man natürlich nicht mit Säuren behandeln, weil ihm dadurch die absichtlich zugesetzte Thonerde entzogen werden würde; man muß die Oxydation vielmehr freiwillig durch den Einfluß der Luft geschehen lassen. Dies wird um so leichter geschehen, je mehr Oxydsalz schon im Eisenvitriol enthalten war, man läßt ihn daher häufig absichtlich längere Zeit der Luft ausgesetzt, bis durch die gelbrothe Färbung desselben die Bildung von schwefelsaurem Eisenoxyd angezeigt wird.

Das Mineralblau wird entweder aus dem Berlinerblau durch Zusatz der oben erwähnten Stoffe bereitet, oder man präcipitirt die rohe Blutlauge mit Eisenvitriol und Alaun und fügt dann je nach der darzustellenden Nüance noch mehr oder weniger Schwerspath, Kreide u. s. w. hinzu.

Der auf die eine oder die andere Weise dargestellte Niederschlag wird zuerst durch wiederholtes Uebergießen mit Wasser gewaschen, dann auf einem großen flachen Zeugfilter so weit wie möglich vom Wasser befreit und am besten bei gewöhnlicher Temperatur oder höchstens in etwas erhöhter Wärme langsam getrocknet. Sobald die Masse so weit ausgetrocknet ist, um sich formen zu lassen, zerschneidet man sie in viereckige Stücke, die einzeln auf die hohe Kante gestellt, ausgetrocknet werden.

Turnbullsblau, Eisenferridcyanür, wird durch Zersetzung von Ferridcyankalium mit schwefelsaurem Eisenoxydul dargestellt. Bei der Fabrikation wird man aber das rothe Blutlaugensalz nicht erst krystallisiren lassen, sondern dazu unmittelbar die mit Chlor behandelte Lösung des gelben Blutlaugensalzes, welche ja Ferridcyankalium enthält, anwenden. Für geringere Sorten nimmt man die Mutterlauge, aus der der größte Theil des rothen Salzes auskrystallisirt ist. Im Uebrigen verfährt man dann ganz wie bei der Darstellung des Pariserblaus.

Das Pariser- und Berlinerblau wird als Wasserfarbe und als Oelfarbe benutzt. Eine Lösung desselben in Oxalsäure ist die am häufigsten angewandte blaue Dinte. Als Druckfarbe findet es beim Tapetendruck Verwendung. Beim Zeugdruck stellt man es entweder durch Zersetzung von Blutlaugensalz mit Eisenoxydulsalzen auf der Faser selbst dar, oder durch Zersetzung der Ferrocyanwasserstoffsäure bei erhöhter Temperatur, Dampffarbe.

Stohmann.

Druck von M. Bruhn in Braunschweig.

Muspratt, Sheridan, / Kerl, Bruno, / Stohmann, Friedrich,

Muspratt's theoretische, praktische und analytische Chemie, in Anwendung auf Künste und Gewerbe

Bd.: 1

Braunschweig 1865